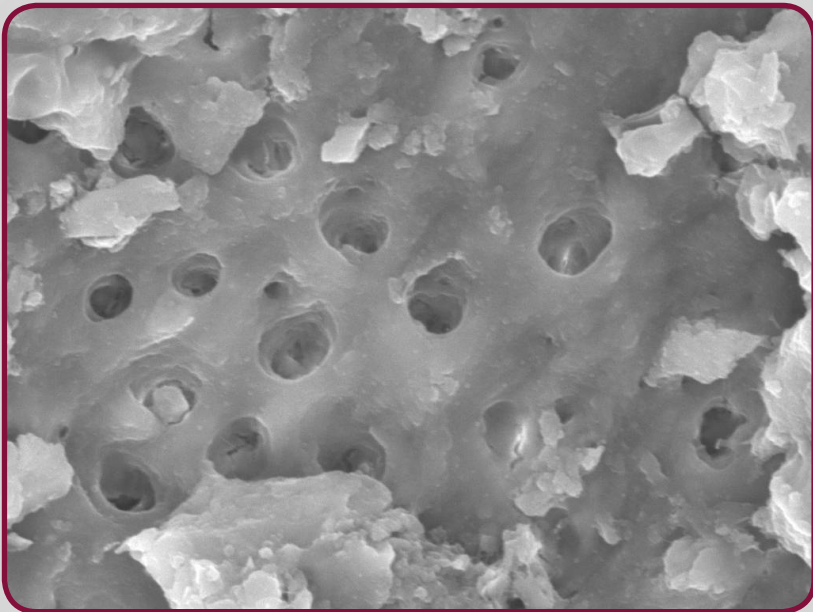


# TESIS DOCTORAL

## **Estudio comparativo de la eliminación de debris y Smear Layer con láser de Nd:YAG y Er,Cr:YSGG.**

### **Análisis in vitro mediante microscopía electrónica de barrido.**



**Paloma Montero Miralles**



**Estudio comparativo de la  
eliminación de debris y Smear  
Layer con láser de Nd:YAG y  
Er,Cr:YSGG.**

**Análisis in vitro mediante  
microscopía electrónica  
de barrido.**





# TESIS DOCTORAL

**Estudio comparativo de la  
eliminación de debris y Smear  
Layer con láser de Nd:YAG y  
Er,Cr:YSGG.**

**Análisis in vitro mediante  
microscopía electrónica  
de barrido.**

**Paloma Montero Miralles**

UNIVERSIDAD DE SEVILLA





**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
Departamento de Estomatología

Don Juan José Segura Egea y Don Daniel Torres Lagares,  
HACEN CONSTAR:

Que Doña **Paloma Montero Miralles**, ha realizado bajo la dirección del Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla, el trabajo de investigación titulado: **“Estudio comparativo de la eliminación de debris y Smear Layer con láser de Nd:YAG y Er,Cr:YSGG. Análisis in vitro mediante microscopía electrónica de barrido”** y que el mencionado trabajo cumple todos los requisitos de la normativa vigente para optar al título de Doctor en Odontología.

Y para que así conste, se firma en Sevilla:

D. Juan José Segura Egea

D. Daniel Torres Lagares

Paloma Montero Miralles



*A mi familia, por lo que uno es lo que es.*

*A Pedro, por su paciencia infinita. Gracias por existir.*

*A Rafael Cisneros Cabello, por ayudarme  
más allá de la endodoncia.*

*A Daniel Torres Lagares, por confiar en este proyecto.*

*A Juan José Segura Egea, por contar siempre conmigo.*

*A todos mis profesores, compañeros y amigos,  
que me ayudáis día a día en este loco  
mundo de la endodoncia.  
Ya sabéis quiénes sois.*

*Gracias*



# ÍNDICE GENERAL





Índice de figuras	17
Índice de tablas	23
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>29</b>
1. Microbiología endodóntica	29
2. Limpieza y desinfección del sistema de conductos	31
3. Smear Layer o Barrillo dentinario	32
4. Sustancias irrigantes	34
▶ Hipoclorito sódico	35
▶ Quelantes	37
5. Sistemas de irrigación	38
▶ Irrigación por presión positiva	39
▶ Irrigación dinámica manual	39
▶ Irrigación sónica	40
▶ Irrigación ultrasónica pasiva	40
▶ Irrigación por presión negativa	41
6. Tecnología láser	42
▶ Introducción e Historia del láser	42
▶ El láser en Odontología	42
▶ Principios físicos del láser	44
▶ Interacciones tisulares del láser	48
▶ Láseres usados en endodoncia	51
▶ Efectos no deseados del tratamiento con láser	56
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS</b>	<b>59</b>
<b>III. MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>63</b>
1. Selección y preparación de muestras	63
2. Grupos de estudio	65

3. Microscopio electrónico de barrido	67
4. Recogida de imágenes	69
5. Evaluación de debris y Smear Layer	70
6. Análisis estadístico	71
7. Evaluación de debris y Smear Layer	72
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>75</b>
1. Análisis comparativo en remoción de debris	75
▶ Análisis por grupos	75
▶ Análisis comparativo entre grupos	81
2. Análisis comparativo en remoción de Smear Layer	91
▶ Análisis por grupos	91
▶ Análisis comparativo entre grupos	97
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>109</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>121</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>125</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>141</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS



<b>Figura 1.</b> Imagen de superficie dentinaria con túbulos abiertos y restos de Smear Layer en superficie (x2000 aumentos)	33
<b>Figura 2.</b> Jeringa de irrigación por presión positiva (Monoject)	39
<b>Figura 3.</b> Endoactivator (Dentsply, Sirona)	40
<b>Figura 4.</b> Punta ultrasónica Irrisafe (Acteon, Satelec)	41
<b>Figura 5.</b> Endovac (Kerr)	41
<b>Figura 6.</b> Láser de diodo (Laser Smile, Biolase)	52
<b>Figura 7.</b> Láser de Nd:YAG (DEKA)	53
<b>Figura 8.</b> Láser de Er,Cr:YSGG (Waterlase, Biolase)	54
<b>Figura 9.</b> Láser de Er:YAG (Fotona)	55
<b>Figura 10.</b> Muestra de dientes unirradiculares	63
<b>Figura 11.</b> Instrumentación rotatoria de las muestras	64
<b>Figura 12.</b> Confirmación del glide path	64
<b>Figura 13.</b> Reservorio para el irrigante y sellado apical con cera	65
<b>Figura 14.</b> Muestras preparadas para el protocolo de irrigación	65
<b>Figura 15.</b> Aplicación del láser de Nd:YAG	66
<b>Figura 16.</b> Movimiento de aplicación del láser	66
<b>Figura 17.</b> Punta RFT (Biolase)	67
<b>Figura 18.</b> Realización de la marca longitudinal con disco de corte	68

<b>Figura 19.</b> Aspecto coronal de la muestra previa a la separación	68
<b>Figura 20.</b> Portamuestras de latón	68
<b>Figura 21.</b> Muestras preparadas para su observación al microscopio	69
<b>Figura 22.</b> Localizacion de la marca apical del instrumento	69
<b>Figura 23.</b> Localizacion de la zona a estudio (0,5 mm)	70
<b>Figura 24.</b> Imágenes para los observadores	71
<b>Figura 25.</b> Imagen del grupo 1 (EDTA al 17%) en tercio medio donde se aprecia la mayoría de la superficie dentinaria cubierta por debris, pero existen algunos túbulos dentinarios abiertos (valor 2) a x500 aumentos	76
<b>Figura 26.</b> Imagen del grupo 2 (Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecia toda la superficie dentinaria cubierta por restos de debris (valor 3) a x500 aumentos	77
<b>Figura 27.</b> Imagen del grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de los túbulos dentinarios cubiertos por restos de debris y pocos túbulos dentinarios abiertos (valor 2) a x500 aumentos	78
<b>Figura 28.</b> Imagen del grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de túbulos dentinarios abiertos, pero con restos de debris (valor 1) a x500 aumentos	79
<b>Figura 29.</b> Imagen del grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecia la superficie dentinaria con restos de debris y con túbulos dentinarios abiertos (valor 1) a x500 aumentos	80
<b>Figura 30.</b> Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 en la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos	84

<b>Figura 31.</b> Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos	86
<b>Figura 32.</b> Imágenes de dos muestras del grupo 2 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos	89
<b>Figura 33.</b> Imagen del grupo 1 (EDTA al 17%) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de túbulos dentinarios abiertos, pero con restos de Smear Layer (valor 1) a x1000 aumentos	92
<b>Figura 34.</b> Imagen del grupo 2 (Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecia toda la superficie dentinaria cubierta por restos de Smear Layer (valor 3) a x1000 aumentos	93
<b>Figura 35.</b> Imagen del grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de los túbulos dentinarios cubiertos por restos de Smear Layer (valor 2) a x1000 aumentos	94
<b>Figura 36.</b> Imagen del grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de túbulos dentinarios abiertos, pero con restos de Smear Layer (valor 1) a x1000 aumentos	95
<b>Figura 37.</b> Imagen del grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecia la superficie dentinaria libre de restos de Smear Layer y con túbulos dentinarios abiertos (valor 0) a x1000 aumentos	96
<b>Figura 38.</b> Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x1000 aumentos	100

**Figura 39.** Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, valor 0 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x1000 aumentos 102

**Figura 40.** Imágenes de dos muestras del grupo 2 (Láser de Nd:YAG, valor 3 de la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x1000 aumentos 105



# ÍNDICE DE TABLAS



<b>Tabla 1.</b> Grupos de estudio	65
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de Hülsmann	72
<b>Tabla 3.</b> Análisis de debris de todos los grupos en tercios apical y medio (a x500 de aumento). Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	75
<b>Tabla 4.</b> Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	81
<b>Tabla 5.</b> Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	82
<b>Tabla 6.</b> Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	83
<b>Tabla 7.</b> Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	85

<b>Tabla 8.</b> Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor de la escala de Hülsmann.	87
<b>Tabla 9.</b> Análisis de debris en tercios apical y medio comparando grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	88
<b>Tabla 10.</b> Análisis de debris en tercios apical y medio comparando grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	90
<b>Tabla 11.</b> Análisis de Smear Layer de todos los grupos en tercios apical y medio (a x1000 de aumento). Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	91
<b>Tabla 12.</b> Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	97
<b>Tabla 13.</b> Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	98
<b>Tabla 14.</b> Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	99

<b>Tabla 15.</b> Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	101
<b>Tabla 16.</b> Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	103
<b>Tabla 17.</b> Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	104
<b>Tabla 18.</b> Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.	106



# I. INTRODUCCIÓN





## 1. MICROBIOLOGÍA ENDODÓNTICA

El objetivo principal del tratamiento endodóntico va a ser prevenir o curar la patología periapical. Existen varios estímulos que pueden producir la inflamación y necrosis pulpar, así como sus complicaciones periapicales. Las bacterias son la principal causa de inflamación pulpar y periapical.

Kakehashi demostró que la invasión microbiana de la pulpa cursaba siempre con una respuesta inflamatoria pulpar, por lo que los estudios han ido encaminados a identificar las bacterias responsables de la patología pulpar y periapical (KAKEHASHI 1965).

La invasión bacteriana del tejido conjuntivo pulpar y, posteriormente, de los tejidos periapicales es responsable de la aparición de un cuadro inflamatorio, cuyo carácter agudo o crónico depende de las características de los microorganismos.

El número de bacterias que colonizan la pulpa o el periápice es directamente proporcional a la magnitud de la puerta de entrada de las mismas. Cuanto más importante sea la invasión bacteriana, en poco intervalo de tiempo, mayor será la respuesta inflamatoria reactiva. Sin embargo, más que el número, tiene mayor relevancia la capacidad que tengan las bacterias de multiplicarse.

Existen dos tipos de infecciones endodónticas:

► INFECCIONES INTRARRADICULARES:

○ INFECCIÓN PRIMARIA DEL CANAL RADICULAR: son las bacterias que invaden la pulpa necrótica. Consta de una flora mixta, entre 10-30 especies bacterianas, en concentraciones que varían entre  $10^3$ - $10^8$  bacterias por conducto.

» Estreptococos facultativos y microaerófilos

» Bacterias anaerobias gramnegativas

- Porphyromonas endodontalis
- Porphyromonas gingivalis
- Tannarella forsythia
- Treponema denticola
- Treponema socranskii
- Dialister invisus
- Dialister pneumosintes
- Fusobacterium nucleatum
- Prevotella intermedia
- Prevotella nigrescens
- Prevotella tannarae
- Campylobacter

» Anaerobios grampositivos

○ INFECCIÓN SECUNDARIA DEL CANAL RADICULAR: son bacterias que penetran en el conducto durante el tratamiento endodóntico, entre las visitas, o tras la finalización del mismo.

○ INFECCIÓN PERSISTENTE DEL CANAL RADICULAR: está producida por las bacterias que resisten el desbridamiento y desinfección del conducto.

- Pseudomonas aeruginosa
- Treponema denticola
- Filifactor alocis
- Fusobacterium nucleatum

- Enterococcus faecalis
- Pseudomonas
- Dialister invisus
- Acinetobacter
- Propionibacterium propionicum
- Streptococcus spp
- Tannerella forsythia
- Porphyromonas gingivalis
- Prevotella intermedia
- Candida albicans
- Dialister pneumosintes
- Campylobacter rectus
- Campylobacter gracilis
- Actinomyces radidentis
- Porphyromonas endodontalis
- Hongos

► **INFECCIONES EXTRARRADICULARES:** son menos frecuentes, siendo la más encontrada el absceso perirradicular agudo.

- Actinomyces
- Propionibacterium propionicus
- Hongos

## 2. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS

La limpieza mecánica del sistema de conductos radicular es uno de los factores imprescindibles en la terapia endodóntica. Mediante la instrumentación, se consigue una limpieza mecánica, y además crearemos el espacio necesario para que las sustancias irrigantes lleguen a todo el sistema de conductos, así como lo hará posteriormente el material de obturación. Sin embargo, esta etapa del tratamiento endodóntico conlleva una producción de restos dentinarios que pueden dificultar la correcta limpieza y sellado de los túbulos dentinarios.

La desinfección del sistema del sistema de conductos es otra de las fases más importantes en el tratamiento de conductos. Por un lado, la presencia de bacterias en el sistema de conductos puede ser una causa de fracaso del tratamiento endodóntico. Sabemos, que las infecciones primarias del conducto radicular son polimicrobianas, con una alta prevalencia de bacterias anaerobias, como bacilos anaerobios gram-negativos, estreptococos gram-positivos facultativos, bacilos anaerobios y facultativos gram-positivos y lactobacilos (SUNDQVIST 1994).

Dentro de las bacterias más estudiadas en la literatura, el *Enterococcus faecalis* es la más común, encontrándose en casos de fracaso endodóntico (HAAPASALO 1983) y en casos de periodontitis apical (WALTIMO 1997). Además, en ocasiones es necesario enfrentarse a biofilms bacterianos, que son formaciones de microorganismos en una matriz de polisacáridos extracelulares asociadas en el interior de la pared del conducto radicular (COSTERTON 1994). Estos biofilms, hacen que la desinfección del sistema de conductos y más concretamente de los túbulos dentinarios sea mucho más compleja (HAASAPALO 1987).

### 3. SMEAR LAYER O BARRILLO DENTINARIO

El Smear Layer o Barrillo dentinario es una delgada capa de detritus microscópicos que se encuentra tapizando las paredes dentinarias. Estos restos, obstruyen la entrada de los túbulos dentinarios y crean una interfase entre el material obturador y el tejido dentinario, afectando al sellado del sistema radicular de conductos. Mediante la instrumentación del sistema de conductos, se produce una mayor cantidad de estos detritus, que dificultan el éxito del tratamiento endodóntico.

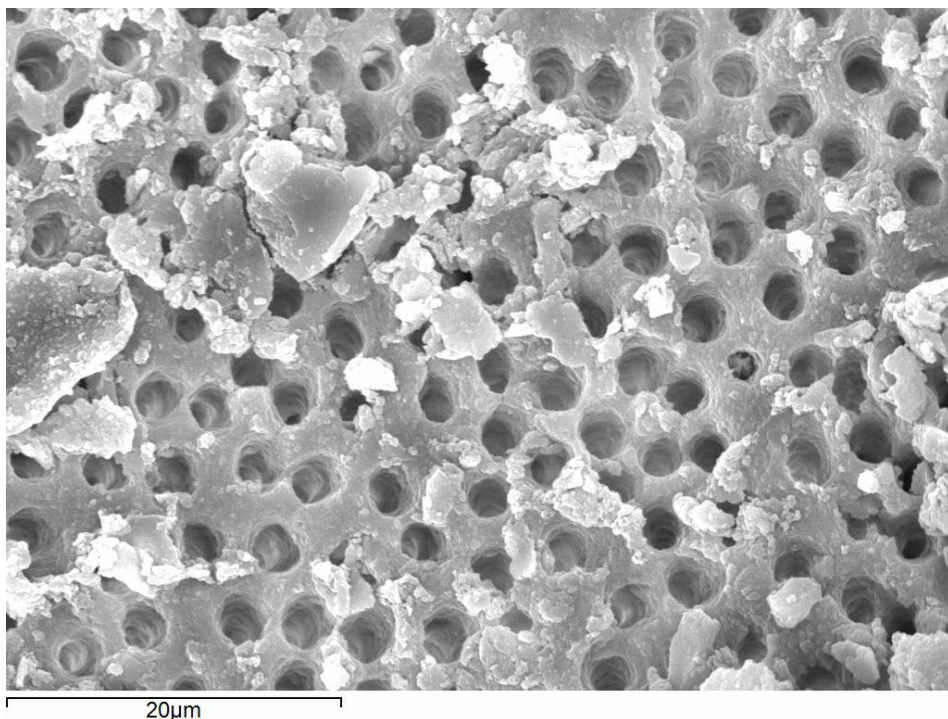
McComb & Smith, en 1975 fueron los primeros en hablar del Smear Layer en la instrumentación de conductos, definiéndolo como una masa irregular y amorfa al observarla al Microscopio Electrónico de Barrido (McCOMB 1975). Este Smear Layer no sólo contiene restos de dentina, sino también remanentes de procesos odontoblásticos, tejido pulpar desbridado, microorganismos, material necrótico y células sanguíneas compactadas en el interior de los túbulos dentinarios (McCOMB 1975, PASHLEY 1992, PASHLEY 1984, TORABINEJAD 2002).

De acuerdo con Mader y cols., esta capa superficial adherida en la pared del conducto tiene un espesor de entre 1 y 5 micras (MADER 1984), pudiendo obturar los túbulos dentinarios hasta 40 micras de profundidad. Además, cubre las paredes del conducto, estén o no instrumentadas, y puede reducir la penetración de las soluciones irrigadoras y de los cementos selladores en los túbulos dentinarios (GOLDBERG 1977, BAUMGARTNER 1987), interfiriendo en la adaptación de los materiales de sellado.

Por otro lado, al contener restos bacterianos, son una causa probable de reinfección del conducto radicular. Sus componentes son partículas muy pequeñas dentro de un ratio masa-superficie amplio, lo que hace que sea muy soluble en ácidos (GALVAN 1994), y por este motivo, se han utilizado sustancias ácidas para la remoción del Smear Layer.

Esta capa de Smear Layer debe ser eliminada en la práctica diaria para conseguir los siguientes objetivos: reducir el número de bacterias, aumentar el número de conductos laterales y accesorios obturados, mejorar el sellado apical y obtener una mayor adherencia del material sellador a las paredes del conducto.

Varios estudios han demostrado que la instrumentación mecánica unida a la acción química de los irrigantes no consiguen eliminar el Smear Layer totalmente de las paredes del conducto (MOODNIK 1976, SULEWSKI 2000), por lo que debemos utilizar técnicas alternativas con ese fin (Figura 1).



**Figura 1** Imagen de superficie dentinaria con túbulos abiertos y restos de Smear Layer en superficie (x2000 aumentos)

Dentro de las sustancias utilizadas para eliminar este barrillo dentinario, las más comúnmente empleadas son los quelantes del calcio.

#### **4. SUSTANCIAS IRRIGANTES**

La irrigación en endodoncia es fundamental para obtener una correcta desinfección del sistema de conductos radiculares.

Por un lado, vamos a producir una eliminación de forma mecánica por la acción del irrigante, eliminando restos pulpares, microorganismos y toxinas bacterianas existentes en el sistema de conductos radicular (SIQUEIRA 2008, WONG 2004), y por otro lado, mediante la acción de la sustancia irrigante en sí, vamos a obtener diferentes efectos, bien porque actúen sobre la materia orgánica (hipoclorito sódico) o sobre la materia inorgánica (sustancias quelantes).

La utilización de una sustancia irrigante es fundamental para conseguir una correcta limpieza de zonas de difícil acceso, tales como istmos, conductos laterales, deltas apicales... que en ocasiones pueden encontrarse contaminados y llevaría a un fracaso del tratamiento endodóntico (GULABIVALA 2005).

El irrigante ideal debería cumplir los requisitos que se detallan a continuación, sin embargo, actualmente, no existe ninguna sustancia que cumpla todos los requisitos, por lo que para obtener el efecto deseado, necesitamos utilizar una combinación de varias sustancias irrigadoras.

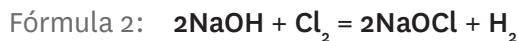
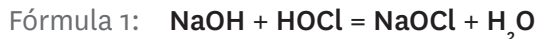
Estas propiedades ideales del irrigante son:

- Disolvente de tejidos pulpares vitales y necróticos, así como de residuos orgánicos e inorgánicos
- Baja tensión superficial, para humectar las paredes y alcanzar zonas no instrumentadas
- Biocompatibilidad y baja toxicidad para los tejidos periapicales

- Efecto antimicrobiano amplio: bactericida o bacteriostático, actuando contra bacterias, hongos y esporas
- Eliminar el Smear Layer o capa de barrillo dentinario
- Lubricante para facilitar el deslizamiento y corte de las limas
- Mantener en suspensión los restos dentinarios para su eliminación
- Prevenir la decoloración del diente
- Otras: aplicación simple, tiempo de vida adecuado, fácil almacenaje, costo moderado, acción rápida y sostenida.

### ► HIPOCLORITO SÓDICO

El hipoclorito sódico es una sal formada en la reacción entre el ácido hipocloroso y el hidróxido de sodio (fórmula 1) o entre el hidróxido de sodio y la clorina (fórmula 2).



A lo largo de la historia, el hipoclorito sódico se ha utilizado en varias concentraciones. Su primer uso se remite a 1843, donde Holmes lo utilizaba como desinfectante en el lavado de manos, reduciendo así la probabilidad de infecciones. En 1915, comenzó utilizándose en solución al 0,5% (Solución de Dakin) en la desinfección de heridas en la Primera Guerra Mundial (DAKIN 1915). En la actualidad, encontramos en el mercado concentraciones que varían entre el 4% y el 6%, variando su efectividad no sólo de la concentración, sino también de otros factores que detallaremos más adelante.

Las propiedades del hipoclorito sódico son:

- Desbridamiento y limpieza del conducto: elimina el Smear Layer al reaccionar con los residuos orgánicos del mismo (BAUMGARTNER 1987)

- Disolución del tejido pulpar vital y necrótico (NAENNI 2004)
- Eliminación de biofilms bacterianos, virus y esporas (ORSTAVIK 1990)
- Acción detergente: saponifica los ácidos grasos
- Baja tensión superficial: penetra en las concavidades del conducto radicular y los túbulos dentinarios, tanto más cuánto más concentrado esté

La concentración ideal del hipoclorito sódico es un tema muy controvertido en endodoncia. Existe una relación directa entre la concentración y el efecto antibacteriano y la capacidad de disolución de tejido orgánico, sin embargo, también tiene relación directa con la citotoxicidad (HÜLSMANN 2000). Existen estudios que demuestran que concentraciones pequeñas de hipoclorito de sodio son efectivas en la disolución de tejido pulpar, siempre y cuando el tiempo de aplicación del irrigante sea mayor (SIRTES 2005), así como que su efecto a concentraciones altas es mucho más rápido (STOJICIC 2010).

Estudios recientes sugieren determinadas acciones para aumentar la eficacia del hipoclorito sódico:

- Aumentar su temperatura: mejora la capacidad de disolución del tejido orgánico (STOJICIC 2010) y aumenta el efecto bactericida. Sin embargo, el hipoclorito mantiene estas características durante poco tiempo (SIRTES 2005), aproximadamente unas 4 horas a 37°C
- Reducir el pH (reduce su citotoxicidad pero convierte la solución en menos estable)
- Renovación constante del hipoclorito, para conseguir una correcta remoción de tejido orgánico (STOJICIC 2010)
- Aumentar su tensión superficial, mejorando así la capacidad de disolución de tejido orgánico (CLARKSON 2006, STOJICIC 2010)
- Aumentar el tiempo de aplicación del irrigante
- Activación del irrigante dentro del sistema de conductos



## ► QUELANTES

Los agentes quelantes son sustancias que fijan los iones metálicos, es decir, cogen los iones metálicos del complejo molecular en el que se encuentran, fijándolos por un enlace coordinado (quelación) y formando un compuesto llamado quelato. Este proceso va a repetirse hasta agotarse el quelante o el ión.

Las sustancias quelantes son utilizadas para eliminar el tejido inorgánico, evitando así su acumulación en las paredes dentinarias y por tanto que puedan producir un cierre de la entrada de los túbulos dentinarios a las sustancias irrigantes y los materiales selladores. Dentro de las sustancias quelantes, las más conocidas son el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), el ácido cítrico, y algunas asociaciones de sustancias quelantes con otras sustancias para aumentar su efectividad. Estas sustancias serán descritas a continuación.

Por otro lado, es importante saber que estas sustancias quelantes, como el EDTA pueden interaccionar con el hipoclorito sódico (BAUMGARTNER 1987), reduciendo la cantidad de cloro libre y por tanto reduciendo la eficacia del hipoclorito sódico en la desinfección bacteriana y en la disolución de tejido necrótico (ZEHNDER 2006).

### ○ ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)

El Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) fue descrito por primera vez por Nygaard-Östby en 1957 (Nygaard Ostby 1957). Es una sustancia quelante con un pH entre 5 y 7 que se presenta en concentraciones que varían entre el 10-17%. El EDTA en disolución, o sus sales ionizadas, quela iones Ca, Mg, Mo, Fe, Cu y Zn. Al hacer la quelación del ión Calcio, se produce un efecto anticoagulante y reblandece la dentina.

Las ventajas del uso del EDTA en endodoncia son las siguientes: eliminación del barrillo dentinario, mejora la limpieza mecánica y desinfección (acción antibacteriana) de la pared dentinaria, aumento de la permeabilidad dentinaria, mejora la adhesión del

cemento a la pared dentinaria y libera factores de crecimiento de la dentina en procesos de regeneración pulpar.

Esta sustancia, tiene la capacidad de eliminar la materia inorgánica que es creada durante la instrumentación de los conductos, evita la unión de los biofilms a las paredes del conducto y ayuda a reducir la carga bacteriana. Además, produce una descalcificación de la dentina a una profundidad de 20-30 micras (VON DER FEHR 1963). El EDTA ha demostrado eliminar el Smear Layer completamente si se utiliza durante 1 minuto, pero puede causar una erosión de la dentina peri e intertubular si es utilizado durante más de 10 minutos (CALT 2002).

- **ÁCIDO CÍTRICO**

El ácido cítrico también ha demostrado ser un agente quelante muy efectivo en concentraciones que varían entre el 10% - 50% (Zehnder 2005). Sus propiedades producen una buena eliminación del Smear Layer, desmineraliza la dentina con más potencia que el EDTA, y es útil en la eliminación de medicación intraconducto.

- **MTAD**

El MTAD es un compuesto formado por ácido cítrico al 4,25%, con doxiciclina al 3% y un detergente (Tween 80) al 0,5% (TORABINEJAD 2003). Tiene un efecto sinérgico bactericida al atacar la pared bacteriana, y al tener una baja tensión superficial, va a penetrar mejor en el sistema de conductos y en los túbulos dentinarios.

## **5. SISTEMAS DE IRRIGACIÓN**

En los últimos años, se han desarrollado sistemas que activan el movimiento del irrigante para mejorar su capacidad de penetrar en el conducto radicular, tanto en su zona apical como en conductos laterales que pudieran existir. Estos sistemas de aplicación y/o activación del irrigante son:

### ► IRRIGACIÓN POR PRESIÓN POSITIVA

Mediante este sistema, es posible llevar el irrigante al interior del conducto mediante una aguja de calibre variable, de forma pasiva con movimientos de arriba-abajo (Figura 2). Sin embargo este sistema ha demostrado no llevar el irrigante a más de un milímetro del final de la punta (RAM 1977). Estudios han demostrado que ni el hipoclorito de sodio ni las sustancias quelantes llegan correctamente a la zona apical si no se lleva la aguja hasta ese lugar (O'CONNELL 2000).



**Figura 2** Jeringa de irrigación por presión positiva (Monoject)

### ► IRRIGACIÓN DINÁMICA MANUAL

Consiste en la realización de movimientos de impulsión-tracción con una amplitud de 2-3 mm con el cono maestro de gutapercha. De esta forma, se produce un efecto hidrodinámico eficaz, mejorando el desplazamiento e intercambio de las sustancias irrigantes apicalmente en el interior del conducto (HUANG 2008).

De esta forma, se generan diferentes grados de presión intraconducto, repartiendo mejor el irrigante hacia zonas no instrumentadas.

La frecuencia del movimiento de entrada y salida de la punta de gutapercha es de alrededor de 100 movimientos por segundo (3,3 Hz), lo que supone un aumento respecto a la frecuencia de la irrigación positiva (1,6 Hz).

## ► IRRIGACIÓN SÓNICA

La irrigación sónica fue descrita por primera vez por Tronstad en 1985 (TRONSTAD 1985). Esta técnica utiliza dispositivos que trabajan a una frecuencia variables entre 1-6 kHz, mediante un movimiento oscilatorio longitudinal.

La eficacia de este sistema ha sido ampliamente estudiada y confirmada en la literatura (PITT 2005, SABINS 2003, RUDDLE 2008). Ruddle describió uno de los sistemas más ampliamente utilizados,

el Endoactivator (Dentsply, Sirona), que consiste en una pieza de mano inalámbrica que se utiliza con unas puntas de polipropileno que se mueven en el interior del conducto, agitando las sustancias irrigantes (Figura 3).



Figura 3 Endoactivator (Dentsply, Sirona)

La vibración de la punta, en combinación con el movimiento de la misma arriba y abajo en movimientos cortos verticales, produce un poderoso efecto hidrodinámico de agitación. Con una frecuencia de 10 kHz se optimiza la limpieza y eliminación del barrillo dentinario y biofilms de las paredes dentinarias.

Estudios como el de Desay y cols., han demostrado la eficacia en la remoción de barrillo dentinario con el sistema Endoactivator, así como también se ha comprobado que no produce una extrusión del irrigante si se utiliza a 2 mm menos de la longitud de trabajo final (DESAI 2009).

## ► IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA

Los ultrasonidos fueron introducidos en endodoncia por Richman en 1957 (RICHMAN 1957). El término PUI (Irrigación Ultrasónica Pasiva) fue descrito por primera vez por Weller en 1980 (WELLER 1980).

La irrigación ultrasónica pasiva se basa en transmitir la energía de una lima oscilante hasta el irrigante en el interior del conducto, mediante ondas ultrasónicas. La irrigación ultrasónica produce una vibración transversal de 30.000 Hz, con un patrón característico de nodos y antinodos a lo largo de su longitud (Figura 4).



**Figura 4** Punta ultrasónica Irrisafe (Acteon, Satelec)

Esta energía ultrasónica produce frecuencias mayores pero amplitudes menores, con frecuencias de oscilación de 25-30kHz (el límite de la percepción auditiva humana es de 20 kHz).

La técnica consiste en depositar el irrigante dentro del conducto, activarlo mediante el sistema ultrasónico a 2-3 mm menos de la longitud de trabajo, con cuidado de no tocar las paredes del conducto.

### ► IRRIGACIÓN POR PRESIÓN NEGATIVA

La irrigación por presión negativa se encuentra actualmente en el mercado representado por el sistema EndoVac (Kerr) (Figura 5), y fue descrito por Schoeffel en el año 2008 (SCHOEFFEL 2008). El sistema consta de dos unidades:



**Figura 5** Endovac (Kerr)

una microcánula y una macrocánula que van conectadas a una jeringa de irrigación y a un sistema de aspiración. La microcánula plástica tiene un diámetro apical de 55 y una conicidad del 2% y la microcánula tiene un calibre apical de 32 y paredes paralelas, teniendo en su extremo apical 12 agujeros.

Este sistema produce una aspiración del irrigante en la zona apical, mientras que la jeringa de irrigación deposita el irrigante en la cámara pulpar, de forma que el flujo de irrigante se produce de forma constante y segura, evitando una posible extrusión del irrigante a través del periápice (NIELSEN 2007).

## 6. TECNOLOGÍA LÁSER

### ► INTRODUCCIÓN E HISTORIA DEL LÁSER

La tecnología láser ha supuesto un gran desarrollo dentro del campo de la medicina. Láser es el acrónimo en inglés de *“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”*, o lo que es lo mismo, *“Luz Amplificada por la Emisión Estimulada de Radiación”*.

El concepto de láser aparece por primera vez en 1917, descrito por Albert Einstein, quien describe su teoría de la emisión estimulada, base teórica del fenómeno láser (EINSTEIN 1917).

Históricamente, la luz ha sido utilizada como agente terapéutico ya desde la Antigua Grecia, donde se realizaban exposiciones del cuerpo humano al Sol para restaurar la salud (DANIEL & HILL 1991). En China, el sol también era utilizado para tratar enfermedades de la piel y el raquitismo.

En el año 1903, el médico danés Niels Ryberg Finsen desarrolla una lámpara eléctrica para tratar el lupus, demostrando propiedades bactericidas y bioestimulantes mediante la aplicación de luz (lámpara o luz de Finsen). Más tarde, empezaron a usarse los rayos infrarrojos y ultravioletas para el tratamiento de lumbagos, raquitismo y otras enfermedades de la piel. De esta forma, nace el concepto de Fototerapia tal como lo conocemos hoy en día.

### ► EL LÁSER EN ODONTOLOGÍA

Al comienzo de la década de los 60, comenzaron a realizarse las primeras investigaciones con láser en Odontología.

El primer aparato de láser funcional, desarrollado por Theodore H. Maiman en 1960, consistía en un láser de rubí pulsado. Se trataba de un dispositivo con capacidad para producir un rayo intenso de luz visible o radiación infrarroja, monocromático y coherente (MAIMAN, 1960). A partir de aquí, algunos investigadores postularon que éste láser podía ser aplicado en la terapéutica dental (WIDGOR 1995).

La investigación en el láser de uso dental se inició en 1963, donde los investigadores RH Stern y RF Sognnaes investigaron el efecto térmico del láser de rubí en los tejidos duros y materiales de restauración odontológica. Ambos describieron la formación de cráteres y fusión del esmalte, así como la penetración y destrucción de la dentina ocasionada tras la aplicación del láser de rubí (STERN Y SOGNNÆS, 1964). Posteriormente, estos mismos investigadores llevaron a cabo experimentos en los que observaron un aumento de la resistencia a la penetración del ácido en el esmalte, sugiriendo así, una posible aplicación del mismo para la prevención de caries (STERN Y SOGNNÆS, 1972).

La primera publicación de láser en un diente vital humano aparece en 1965, cuando L. Goldman, aplicando pulsos de láser de rubí en un diente, no obtenía dolor ni daño en la superficie de la corona (GOLDMAN 1965).

En 1968, J. Vahl empezó a realizar estudios mediante microscopía electrónica y difracción de rayos X para estudiar los efectos de la irradiación láser sobre el esmalte (VAHL 1968).

Posteriormente, se empezaron a observar daños extensivos en la pulpa y la destrucción provocada con el láser de rubí (ADRIÁN 1971 Y 1977), por lo que se descarta el láser de rubí como herramienta dental, ya que que los altos niveles de energía necesarios para eliminar la estructura dentaria suponían un daño térmico severo para los tejidos vivos dentales, sobre todo en la pulpa dental.

Desde entonces, se empezaron a buscar otro tipo de láseres que permitieran una mayor eficacia en su aplicación sobre tejidos duros dentales.

En los EE.UU, Stern y Lobene estudiaron el láser de CO<sub>2</sub>, cuya longitud de onda de 10600 nm era bien absorbida por el esmalte y aplicaron el láser de CO<sub>2</sub> en la superficie del diente, para el sellado de fisuras en la prevención de la caries dental (LOBENE & FINE 1966, LOBENE 1968, STERN 1972).

El láser de Nd:YAG en tejidos orales fue estudiado por primera vez en animales en el año 1974 por Yamamoto & Ooya (YAMAMOTO & Ooya 1974). Posteriormente demostraron que el láser de Nd:YAG era una herramienta eficaz para inhibir la formación de caries incipiente “in vivo” e “in vitro” (YAMAMOTO 1974, YAMAMOTO & SATO 1980). Estos estudios demostraron el potencial del láser de Nd:YAG, de 1064 nm de longitud de onda, para fusionar del esmalte dental a alta potencia y hacerlo más resistente a la posterior disolución ácida.

A partir de 1990, comienza a utilizarse el láser odontológico en Estados Unidos de forma continuada. Tras la aprobación, en mayo de 1990 por la FDA de este primer láser desarrollado por Myers y Myers (MYERS 2000), se suceden otras acreditaciones destacables en el campo de la Odontología láser como:

- Blanqueamiento dental
- Desbridamiento sulcular
- Eliminación de caries y preparación de cavidades
- Eliminación de la pulpa coronal
- Ablación selectiva de caries de esmalte

## ► PRINCIPIOS FÍSICOS DEL LÁSER

### ○ CONCEPTOS GENERALES

A principios del siglo XX, Louis De Broglie, propone que la luz tiene una doble naturaleza, de tipo ondulatoria y corpuscular, que puede manifestarse de una u otra forma según el fenómeno experimentado.



Posteriormente, Planck describió la teoría de los “cuantos”, en el año 1900, donde las radiaciones electromagnéticas se propagaban formando “paquetes” de ondas, por lo que los átomos excitados emiten o absorben energía en pequeñas cantidades denominadas “cuantos o fotones”. La unidad básica de esta energía se denomina fotón o cuanto de luz. Posteriormente, Albert Einstein demostró que estos paquetes de energía, dependen de la masa de la partícula en reposo y de la velocidad de la luz.

La Teoría Cuántica de la Física descrita por Niels Bohr, confirma que los átomos tienen niveles de energía distintos. Los electrones, por regla general tienen un nivel bajo de energía, pero pueden moverse a otros niveles más altos de energía mediante la absorción de energía por una fuente externa.

Por otro lado, los fotones que son liberados cuando un átomo libera la energía que ha absorbido, sirven para aumentar el nivel de energía de los átomos que forman el tejido que lo absorbe. De esta forma, un átomo puede absorber un fotón pasando un electrón de dicho átomo a un nivel de energía mayor.

Las ondas lumínicas producidas por el láser son una forma específica de energía electromagnética, donde los fotones reaccionan produciendo un intenso flash monocromático (misma longitud de onda) de luz coherente, es decir, un haz de láser. El espectro electromagnético abarca desde los rayos X (cuya longitud de onda es de aproximadamente  $10^{-12}$  m) a las ondas de radio, cuyas longitudes de onda pueden ser de varios miles de metros. Todos los sistemas de luz y láser disponibles para uso odontológico tienen longitudes de onda comprendidas entre los 500 nm (láser KTP) y los 10600 nm (láser de CO<sub>2</sub>) del espectro electromagnético.

## ○ COMPONENTES DE UN APARATO LÁSER

Un láser es, hoy en día, un aparato simple, que consta de un medio de difusión del láser (CO<sub>2</sub>, Neodinium, Argón...), una cavidad óptica, una fuente de energía, y un sistema de refrigeración.

La cavidad óptica es un dispositivo que permite que los rayos luminosos puedan quedar contenidos en un espacio gracias a los espejos paralelos que se encuentran a cada lado de la cavidad, y sobre los cuales se reflejan. Además, permiten amplificar el fotón resultante de la estimulación cuando existen átomos excitados. Los fotones chocan contra los espejos y vuelven al medio para estimular a más fotones. Sin embargo, este proceso no es 100% eficaz, ya que alguna energía se disipa en forma de calor, por lo que es necesario un sistema de refrigeración.

El láser es, básicamente un dispositivo que emite un tipo muy especial de luz caracterizada por cuatro puntos básicos:

- **INTENSIDAD:** es una medida de la potencia por unidad de superficie.
- **DIRECCIONALIDAD:** los haces de luz láser tienen todos la misma dirección y no se dispersan.
- **COHERENCIA:** toda la energía electromagnética de los fotones coinciden en el tiempo y en el espacio originando un frente de ondas en concordancia de fases (coherencia espacial y temporal).
- **MONOCROMATICIDAD:** todos los fotones emitidos tienen la misma longitud de onda, es decir, la luz láser es de un solo color.

Los distintos tipos de láser que encontramos en Odontología, llevan el nombre del medio activo que contenga en su interior (láser de Nd:YAG, láser de diodo...), pero para que cumplan su función, deben interaccionar con un tejido diana de la forma más precisa posible. Para esto, tenemos distintos tipos de salida de la energía del láser:

- **PIEZA DE MANO DE NO CONTACTO:** Es una pieza de mano guía que consta de un tubo hueco, por donde la energía se refleja, y sale a través de una punta con un sistema de espejos, de forma que el haz de luz hace su efecto en el tejido diana sin tocarlo.

- **PIEZA DE MANO DE CONTACTO:** Consiste en la utilización de un cable de fibra óptica de vidrio que permite su utilización con contacto (aunque para determinados usos, podemos utilizarla también sin contacto, por ejemplo en tratamientos de bioestimulación).

La mayoría de los láseres dentales invisibles están equipados con un haz guía visible que se libera coaxialmente a lo largo de la fibra óptica y sirve para mostrar al operador el punto exacto donde se enfoca la energía láser.

El sistema láser puede emitir la energía de tres modos básicos:

**I. MODO CONTINUO:** el operador acciona el pedal y se emite continuamente un haz con un nivel de energía determinado mientras el dispositivo está activado. Debemos tener cuidado, ya que en este modo, no existe una interrupción de la interacción térmica de la luz láser con el tejido, por lo que debemos interrumpir manualmente la emisión del láser para que pueda producirse un enfriamiento de la temperatura del tejido diana.

**II. MODO PULSADO CONMUTADO:** existe una alternancia periódica de la energía láser que se activa y desactiva (en unos pocos mseg), de modo similar a la luz intermitente.

**III. MODO PULSADO ASÍNCRONO:** la emisión de energía láser es máxima durante un período extremadamente corto (generalmente  $\mu$ seg) seguido de un intervalo relativamente prolongado en el que el láser está desactivado.

La diferencia entre ambos modos pulsados, está en el control de la secuencia de emisión, que se realiza de forma informática en los dispositivos asincrónicos y de forma mecánica en los dispositivos conmutados. En el modo pulsado, sin embargo, el tejido diana dispone de cierto tiempo para enfriarse antes de que se emita el siguiente pulso de energía láser.

## ► INTERACCIONES TISULARES DEL LÁSER

### ○ CONCEPTOS GENERALES

Los láseres se clasifican en dos grandes grupos, según su potencia y capacidad de interacción con los tejidos: los láseres de alta intensidad de energía o láseres y los láseres de baja intensidad de energía o láseres no quirúrgicos.

Por otro lado, estos tipos de láseres varían la sustancia que emplean como medio activo (Nd:YAG, diodo....), obteniendo cada uno una longitud de onda característica, que le otorga propiedades y efectos específicos sobre los tejidos, pudiendo por ello ser utilizados en determinados tejidos diana.

Dentro de los láseres de alta intensidad o quirúrgicos, encontramos los láseres de CO<sub>2</sub>, Argón, Nd-YAG, Ho-YAG, Er: YAG y los láseres de diodo. Estos láseres van a producir un efecto térmico en los tejidos, como veremos a continuación.

Los láseres de baja intensidad de energía o láseres blandos, no producen aumento de temperatura; sino que presentan efectos como la bioestimulación que mejora la cicatrización, efectos analgésicos y efectos antiinflamatorios. Dentro de este grupo se encuentran por ejemplo: el láser de diodo semiconductor o el láser de He-Ne.

La radiación láser debe ser absorbida por un tejido para producir un efecto físico o químico que resulte en una respuesta biológica. Por otro lado, debemos determinar la dosis de radiación de una determinada longitud de onda y el número de dosis necesarias para producir el efecto terapéutico. El tratamiento con láser debe estar basado en un protocolo individualizado para cada aplicación clínica (STABHOLZ 2003).

La energía de un láser interacciona con el tejido diana de cuatro formas distintas, dependiendo de las propiedades ópticas del tejido y la longitud de onda utilizada:

**I. La primera interacción es la reflexión,** donde el haz de luz incide en la superficie del tejido diana, se desvía en su trayectoria, y regresa al medio de donde venía. Esto supone que el láser no tenga ningún efecto sobre el tejido diana.

**II. La segunda interacción es la absorción de la energía láser por el tejido diana.** Es el efecto ideal que esperamos conseguir y depende de las características propias del tejido, como la pigmentación, contenido acuoso, longitud de onda y modo de emisión del láser.

**III. La tercera interacción es la transmisión,** donde la luz es capaz de atravesar un cuerpo sólido sin perder energía. Por tanto, esta energía láser pasa directamente a través del tejido, sin producir ningún efecto sobre el tejido diana.

**IV. La cuarta interacción es la dispersión,** donde la luz puede penetrar el tejido y dispersarse sin producir un efecto notable sobre el tejido. Debemos tener cuidado, porque debido a esta dispersión, podríamos provocar una lesión térmica no deseada.

La interacción del láser con el tejido supone un incremento de la temperatura en la zona de interacción. Si este aumento de temperatura no supera los 45°C, no se producen cambios orgánicos esenciales y no existe daño tisular irreversible. Si el aumento de temperatura se produce entre 45°C y 50°C, se puede desarrollar un edema, y si la temperatura aumenta hasta los 60°C, se inicia la desnaturalización de las proteínas sin vaporización del tejido subyacente.

El tiempo durante de actuación del haz de luz láser sobre el tejido diana influye en la velocidad de aumento de la temperatura tisular. Es importante tener esto en cuenta para regular la frecuencia de repetición del modo de emisión del láser pulsado. Por otro lado, también podemos aprovechar las unidades de refrigeración que traen incorporados los láseres mediante fuentes de pulverización de aire o agua.

## ○ EFECTOS TISULARES DE LA IRRADIACIÓN LÁSER

Cuando la energía del haz de láser es absorbida por un tejido se producen tres tipos de interacciones de interés en Odontología: interacciones fotoquímicas, interacciones fototérmicas e interacciones fotomecánicas.

La **interacción fotoquímica** se produce cuando una fuente de energía lumínica se convierte en energía química, interviniendo en los procesos moleculares de cicatrización y reparación tisular. Distinguimos en este aspecto la “terapia fotodinámica” y la “desinfección fotoactivada” en el campo de la endodoncia.

La **interacción fototérmica** se produce cuando una fuente de energía lumínica se convierte en calor. En Odontología, esto se manifiesta “fotoablación” o eliminación de tejidos mediante vaporización. Este proceso de fotoablación se consigue al excitar las moléculas, lo que produce una disociación molecular y se consigue una eliminación precisa del tejido sin daño térmico.

La cantidad de energía lumínica que es absorbida en los tejidos depende de varios factores, entre ellos: de la longitud de onda de la energía emitida por el láser y de los parámetros del láser como: el tamaño del haz, de la densidad de potencia, de la duración del pulso y de la frecuencia, y de la composición y propiedades ópticas de tejido diana.

La disipación o conducción del calor va a determinar la extensión del daño colateral, que depende de las propiedades del tejido, como son su estructura, composición y contenido en agua.

Las **interacciones fotomecánicas**, incluyen la “fotodisociación” que permite la separación de estructuras mediante la luz del láser; y la “fotoacústica” que permite la eliminación de tejidos mediante la generación de ondas de choque. Este campo, como desarrollaremos posteriormente, es de gran importancia en el

campo de la endodoncia, tanto en la “Irrigación Activada por láser” como en la “Corriente acústica inducida por fotones”.

Sin embargo, hemos de tener en cuenta que a pesar de los múltiples factores implicados, la interacción del láser sobre el tejido se determina por dos variables dependientes: longitud de onda específica de la emisión del láser, y las características ópticas del tejido diana. Dentro de estos factores, algunos pueden ser controlados por el operador en clínica, como la densidad de potencia (cantidad de energía liberada por unidad de tiempo y superficie), la densidad de energía (el total de energía aplicada sobre un área determinada), la velocidad y duración de la exposición (velocidad de repetición del pulso y duración del pulso), y el modo de aplicación de la energía sobre el tejido diana (continuo, pulsado; con contacto o sin contacto) para obtener los efectos deseados sobre el tejido tratado.

## ► LÁSERES UTILIZADOS EN ENDODONCIA

La tecnología láser presenta múltiples aplicaciones en odontología y en endodoncia. Los láseres más utilizados en este campo son: el láser de diodo, el láser de Er:YAG, el láser de Er,Cr:YSGG y el láser de Nd:YAG. La efectividad del láser va a depender de varios factores, como son: el nivel de potencia, la duración de la exposición, la absorción de los tejidos, la geometría del conducto y la distancia entre la punta y tejido diana (DEDERICH 1984, TEWFIK 1993, MOSHONOV 1995). Los efectos estudiados sobre el láser son, por ejemplo, la fusión de las superficies dentinarias (TANI 1987), la vaporización de los tejidos (TAKEDA 1999), y el efecto que produce sobre el Smear Layer.

### ○ LÁSER DE DIODO

El láser de diodo es un láser semiconductor en estado sólido, con longitudes de onda que varían entre 810 y 980 nm, situándose al principio de la porción de radiación infrarroja invisible no ionizante del espectro electromagnético (Figura 6).

Debido a su tamaño pequeño, su facilidad de manejo, y un costo menor al de otros equipos de láser, se trata de un láser muy versátil en odontología.

Las utilidades en endodoncia son fundamentalmente en desinfección, tanto en la reducción de carga bacteriana como en la resolución de procesos patológicos apicales (MOHAMMDI 2009). Sin embargo, no consiguen una esterilización completa del conducto, por lo que son un complemento en la desinfección, no un sustituto de la misma (MOSHONOV 1995).



**Figura 6** Láser de diodo (Laser Smile, Biolase)

#### ○ LÁSER DE Nd:YAG

Uno de los láseres más estudiados en la literatura es el láser de Nd:YAG. Éste es un láser que se encuentra en estado sólido, y cuya longitud de onda es de 1064 nm (cercano al espectro infrarrojo). De sus características principales, destacamos su buena absorción por las sustancias oscuras (Hemoglobina y melanina) y una absorción parcial por agua. Su profundidad de penetración en el tejido blando es de 0.1 mm y en el tejido duro, es de 0,5-1 mm (Figura 7).

Sus utilidades principales en endodoncia son:

- I. Hemostasia en caso de sangrado
- II. Reducción bacteriana dentro del conducto
- III. Remoción del Smear Layer y residuos pulpaes
- IV. Descontaminación y vaporización del material orgánico de los túbulos dentinarios
- V. Fusión y cristalización del material inorgánico de la dentina (melting)



VI. Cambio físico-químico en la composición de los cristales de hidroxiapatita, modificando la solubilidad dentinal (menos susceptible a ácidos)

En endodoncia, el láser de Nd:-YAG está aceptado por sus propiedades de desinfección, pero a la hora de ser utilizado en el interior del conducto, produce una serie de cambios ultraestructurales en la pared dentinaria, como fusión de las paredes dentinarias y cierre de los túbulos dentinarios (DEDERICH 1984).



Figura 7 Láser de Nd:YAG (DEKA)

#### ○ LÁSER DE Er,Cr:YSGG

El láser de Er,Cr:YSGG tiene longitud de onda de 2980 nm (Figura 8). Este láser posee la característica de tener una alta absorción por el agua y la hidroxiapatita (WIDGOR 1995). Además es el único láser aprobado por la US Food and Drug Administration para procedimientos endodónticos. Son varios los estudios que han demostrado su capacidad para remover debris y Smear Layer después de la instrumentación biomecánica (YAMAKAZI 2001) y además no causa carbonización ni fusión de los tejidos (YAMAKAZI 2001, ISHIZAKI 2004).

El láser de Er,Cr:YSGG utiliza una fuente de energía láser pulsada que se transmite a través de una punta de zafiro acompañada de un spray aire/agua (RIZOIU 1994, RIZOIU 1996, EVERSOLE 1997). Cuando se produce una interacción de la energía láser con el agua y el tejido diana, esto genera un corte en el tejido, formándose un sistema hidroquinético (HKS) (RIZOIU 1994, RIZOIU 1996, EVERSOLE 1997).

El debridamiento hidroquinético es un proceso de remoción de materiales biológicos a través del uso de un spray de agua de alta velocidad. Este sistema fue propuesto por Eversole en el año 1997 para su aplicación en tejidos duros y blandos. Durante la irradiación con el láser, el agua se calienta y se evapora, resultando en un vapor de alta presión que causa una microexplosión del tejido dental por debajo de su punto de fusión (SEREBRO 1987). La vaporización del agua dentro del substrato mineral causa que el material de alrededor realice una explosión hacia fuera (LI 1992).



**Figura 8** Láser de Er,Cr:YSGG (Waterlase, Biolase)

Una de las limitaciones del láser es la emisión unidireccional del rayo láser, ya que para que el tratamiento sea efectivo, toda la pared del conducto debe ser expuesta directamente al láser. La fibra debe moverse repetidamente en movimiento de espiral por todas las paredes del conducto durante un número de secuencias para maximizar el área expuesta al haz de rayos (DE MOOR 2010). La interacción entre el láser y las paredes del conducto se basa en la absorción de la energía láser por la dentina radicular, los microorganismos o el Smear Layer (STABHOLZ 2004, DE MOOR 2009, MATSUOKA 2005, ISHIZAKI 2004). Por tanto, las primeras fibras ópticas utilizadas en el tratamiento con láser, tenían la limitación de tener la punta cilíndrica, produciendo una emisión del haz de rayos unidireccional hacia el ápice, lo que dificulta el acceso a toda la pared del conducto con el láser. Recientemente han aparecido unas nuevas puntas, las Radial Firing Tips (RFT), las cuales acaban en una punta cónica con un ángulo de 60 grados para conseguir una expansión de la luz en un cono más amplio, facilitando así llegar a todo el conducto, ya que emite la luz hacia apical y de forma lateral (SCHOOP 2009).

## ○ LÁSER DE Er:YAG

El láser de Er:YAG es un láser en estado sólido que tiene una longitud de onda de 2940 nm. Este tipo de láseres tiene muy buena absorción por el agua y la hidroxiapatita, por lo que son efectivos tanto en esmalte, dentina y hueso (*Figura 9*).

El efecto de este tipo de láser, al igual que el Er,Cr:YSGG es fototérmico, siendo tanto más efectivo, cuanto mayor sea el contenido en agua del tejido. De hecho, el láser de Er:YAG tiene una absorción por el agua un 400% más que el láser de Er,Cr:YSGG.

El láser de Er:YAG se está estudiando recientemente en la literatura por su efecto fotoacústico, en lo que denominamos “corriente fotoacústica inducida por fotones”, o su término en inglés “Photon-Induced Photoacoustic Streaming” o PIPS.

La técnica PIPS es una técnica fotoacústica subablativa, es decir, de baja energía, que busca, mediante una duración muy corta del pulso (50 mseg), una gran cantidad de energía en dicho pulso. De esta forma, se crean ondas de choque muy rápidas y con mucha energía, propulsando el irrigante a través del sistema de conductos (DÍVITO 2011).

Este gran movimiento de una sustancia irrigante en el interior del conducto, produce una mayor limpieza de las paredes dentinarias, y también es efectivo en la remoción de medicación intraconducto (LI 2015).



**Figura 9** Láser de Er:YAG (Fotona)

## ► EFECTOS NO DESEADOS DEL TRATAMIENTO CON LÁSER

Es importante tener en cuenta, que el tratamiento con láser puede tener algunos efectos no deseados si no se utilizan a los parámetros correctos. Estos efectos pueden ser:

- Creación de escalones en dientes con curvaturas (STABHOLZ 2004, KIMURA 2000)
- Carbonización de las paredes dentinarias si no se utiliza refrigeración (BOLHARI 2014)
- Formación de cracks en las paredes dentinarias (HÜLSMANN 1997)
- Extrusión apical de la solución irrigante (BLANKEN 2009)

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS**



Las nuevas tecnologías se han incorporado al campo de la endodoncia recientemente, siendo éstas utilizadas en todas las fases del tratamiento de conductos: diagnóstico, instrumentación, irrigación y obturación.

Para obtener éxito en el tratamiento endodóntico, es necesario cumplir tres fases fundamentales: limpieza, desinfección y sellado tridimensional. Una correcta limpieza es fundamental para conseguir un éxito en nuestro tratamiento endodóntico. Para ello, es preciso realizar una correcta eliminación de los restos dentinarios, remanentes de tejido pulpar, toxinas bacterianas... existentes en las paredes dentinarias y que también se producen durante la instrumentación de los conductos (PETERS 2004). De este modo, se obtiene una correcta limpieza de las paredes dentinarias y una exposición correcta de los túbulos dentinarios, asegurando de esta forma una limpieza tridimensional que más tarde va a ser sellada con la obturación tridimensional del sistema de conductos.

Habitualmente, la limpieza de debris se ha realizado mediante técnicas de instrumentación y la utilización de sustancias irrigantes, tales como hipoclorito sódico y sustancias quelantes, como el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) o el ácido cítrico.

La tecnología láser ya se ha incorporado al mundo de la odontología, y concretamente en el mundo de la endodoncia. Sin embargo, a pesar del interés que despiertan estas nuevas tecnologías, existe en la actualidad cierta controversia sobre su aplicación clínica y sus posibles efectos secundarios/adversos.

La aplicación de la tecnología láser en Odontología, y concretamente en endodoncia, es cada vez más frecuente, y se estudian sus efectos en cuanto a limpieza mecánica y desinfección. Así mismo, son varios los tipos de láser que pueden utilizarse para dichos fines, como el láser de diodo, láser de Er,Cr:YSGG, láser de Er:YAG y láser de Nd:YAG, así como la terapia fotodinámica (BIELLA-SILVA 2010, ISHIZAKI 2004, SCHOOP 2009, ARANHA 2005, FARIA 2008, HASHEMINIA 2012).

Sin embargo, no se ha estudiado el efecto que tienen dos tipos de láser, el láser de Nd:YAG y el láser de Er,Cr:YSGG, en la limpieza de las paredes dentinarias y, en concreto, sobre la apertura de los túbulos dentinarios y la presencia o no de debris y Smear Layer. Por ello, los objetivos de este trabajo son analizar, in vitro, mediante microscopía electrónica de barrido:

► **LÁSER DE Nd:YAG**

- » Evaluar in vitro, la capacidad de eliminar debris y barrillo dentinario del láser de Nd:YAG, comparándolo con el EDTA al 17%.
- » Comprobar si la combinación del láser con el EDTA al 17% aumenta la eliminación de debris y Smear Layer.

► **LÁSER DE Er,Cr:YSGG**

- » Evaluar in vitro, la capacidad de eliminar debris y Smear Layer del EDTA al 17% y el láser de Er,Cr:YSGG.
- » Comprobar si la combinación del láser con el EDTA al 17% aumenta la eliminación de debris y Smear Layer con las nuevas puntas RFT.



### **III. MATERIAL Y MÉTODO**



## 1. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para este estudio se seleccionó una muestra de 60 dientes unirradiculares (*Figura 10*). Una vez que las piezas fueron extraídas, se realizó una radiografía para verificar la existencia de un solo conducto y descartar anomalías anatómicas. Todos los dientes fueron conservados en formol al 10% tras su extracción.

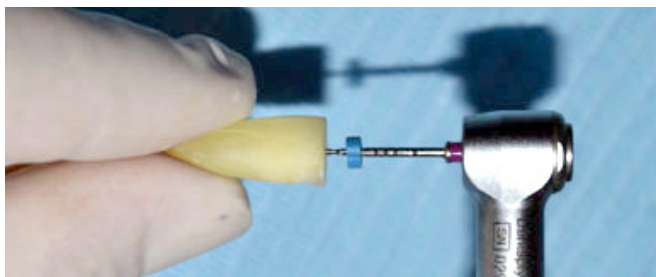


**Figura 10** Muestra de dientes unirradiculares

Los criterios de inclusión fueron la existencia de un solo conducto, un cierre completo del ápice radicular y ausencia de tratamiento de conductos previo.

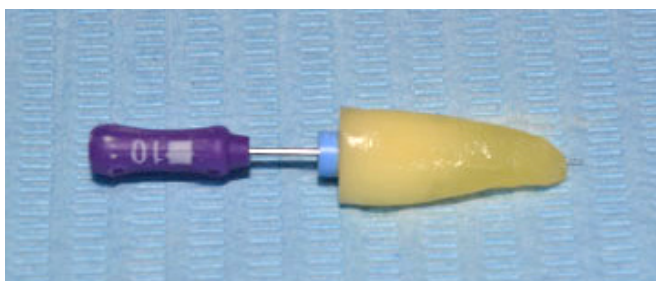
Los criterios de exclusión fueron la existencia de caries, tártaro supragingival y subgingival, ápices abiertos, reabsorción radicular, fracturas radiculares y raíces con dos conductos.

Todos los dientes fueron decoronados para obtener una longitud de 16 mm. Se realizó un glidepath manual hasta un calibre 20 y la instrumentación se llevó a cabo con el sistema rotatorio MTwo (VDW, Munich, Germany) hasta un 40.04 a 15 mm (*Figura 11*).



**Figura 11** Instrumentación rotatoria de las muestras

Todas las muestras presentaban permeabilidad apical y la mantuvieron durante todo el tratamiento (*Figura 12*).



**Figura 12** Confirmación del glide path

Durante el procedimiento, se irrigó de forma continua con 1 ml de hipoclorito sódico al 4,2% con una jeringa de irrigación Monoject (Tyco HealthCare Group, Mansfield, USA) y aguja (27g x1 1/4) colocada a un milímetro menos de la longitud de trabajo, siendo éste recambiado entre lima y lima. Una vez terminada la instrumentación, las muestras se almacenaron en agua destilada.

Las muestras se dividieron de forma aleatoria, con el programa [www.random.org](http://www.random.org), en 5 grupos de 12 dientes cada uno. Para realizar la fase de irrigación, las muestras fueron selladas en la zona apical con cera, y se

creó un encofrado con el mismo material para tener un reservorio para el irrigante (Figuras 13 y 14).



Figura 13 Reservorio para el irrigante y sellado apical con cera

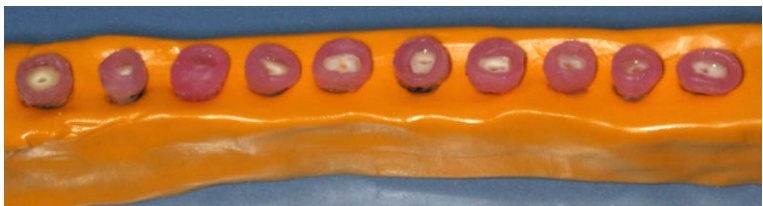


Figura 14 Muestras preparadas para el protocolo de irrigación

## 2. GRUPOS DE ESTUDIO

En la realización de este trabajo in vitro, se aplicaron diferentes protocolos de irrigación final para valorar, a nivel apical y medio del conducto radicular, cuál fue la eliminación de debris y barrillo dentinario.

Los grupos estudiados fueron (Tabla 1):

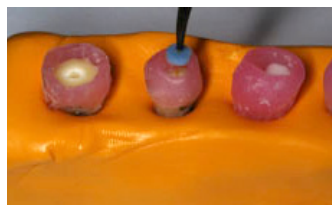
Grupo 1	EDTA al 17%
Grupo 2	Láser de Nd:YAG
Grupo 3	EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG
Grupo 4	Láser de Er,Cr:YSGG
Grupo 5	EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG

Tabla 1 Grupos de estudio

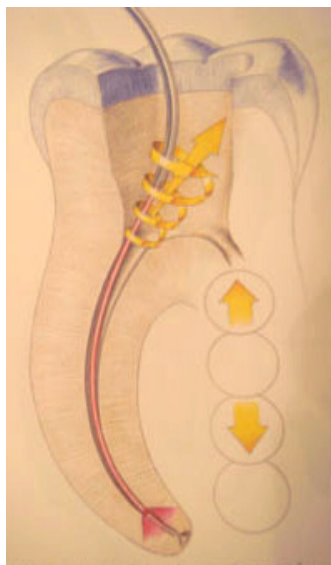
**Grupo 1:** Irrigación durante 1 minuto con 5 ml de EDTA al 17% (Pulpdent, Oakland, USA) , luego se irrigoó con 5 ml de hipoclorito sódico al 4,2% durante 2 minutos y una irrigación final con 2,5 ml de agua destilada.

**Grupo 2:** Los dientes fueron tratados con láser de Nd:YAG (DEKA, Firenze, Italy), siguiendo los parámetros del protocolo descrito por Gutknecht y Behrens:

1.5 W de potencia, 15 Hz de frecuencia y 100 mJ de energía (GUTK-



**Figura 15** Aplicación del láser de Nd:YAG



**Figura 16** Movimiento de aplicación del láser

NECHT 1991), con una longitud de onda de 1.064 nm y una fibra óptica de 320 micras de diámetro, realizando movimientos helicoidales desde apical hacia coronal. Se establece la longitud de trabajo en 15 mm, se aplica el láser con un tope de goma a 14 mm para permitir que trabaje a 1 mm menos de la longitud de trabajo. La activación del láser se realizó mediante 5 ciclos de 5 segundos cada uno, con un descanso de 20 segundos entre cada ciclo. Se realizó una irrigación final con 2,5 ml de agua destilada (Figuras 15 y 16).

**Grupo 3:** Los dientes fueron irrigados durante 1 minuto con 5 ml de EDTA al 17% y se utilizó la fibra óptica de Nd:YAG con el protocolo anteriormente descrito y para finalizar se irrigoó con 5 ml de hipoclorito sódico al 4,2% durante 2 minutos y una irrigación final con 2,5 ml de agua destilada.

**Grupo 4:** Los dientes se trataron con láser de Er,Cr:YSGG (BIOLASE), con una longitud de onda de 2.780 nm y una punta “Radial Firing Tips” RFT-2 de 275 micras de diámetro (Figura 17), realizando movimientos helicoidales desde apical hacia coronal. Al establecer la longitud de

trabajo en 15 mm, se introduce el láser con un tope de goma a 14 mm para permitir que trabaje a 1 mm menos de la longitud de trabajo. La activación del láser se realizó mediante 5 ciclos de 5 segundos cada uno, con un descanso de 20 segundos entre cada ciclo. El láser de Er,Cr:YSGG se utilizó siguiendo los siguientes parámetros: 1.25 W de potencia, 50 Hz de frecuencia, 24% aire y 30% agua. Se realizó un lavado final con 2,5 ml de agua destilada mediante una jeringa de irrigación Monoject 3ml y aguja (27g x1 1/4) colocada a un milímetro menos de la longitud de trabajo.



**Figura 17** Punta RFT (Biolase)

**Grupo 5:** Los dientes fueron irrigados durante 1 minuto con 5 ml de EDTA al 17% y se utilizaron las puntas “Radial Firing Tips” RTF-2 de Er,Cr:YSGG con el protocolo anteriormente descrito y para finalizar se irrigó con 5 ml de hipoclorito sódico al 4,2% durante 2 minutos y un lavado final con 2,5 ml de agua destilada mediante jeringa de irrigación Monoject 3ml y aguja (27g x1 1/4) colocada a un milímetro menos de la longitud de trabajo.

Todas las sustancias irrigantes se aplicaron con jeringa de irrigación Monoject (Tyco HealthCare Group, Mansfield, USA) y aguja (27g x1 1/4) colocada a un milímetro menos de la longitud de trabajo. Las muestras se secaron con puntas de papel de calibre apical 40.

### 3. MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

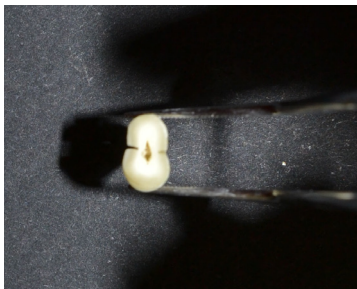
Se realizó un corte longitudinal al eje mayor de la raíz con un disco ultra-fino de diamante de diámetro 20x0,25 mm y un micromotor de laboratorio de baja velocidad Volvere VMax (NSK, Japan) (*Figura 18*) en línea recta uniendo el ápice con la parte coronal del conducto, evitando no profundizar en la luz del conducto para evitar que los restos dentinarios pudieran contaminar el interior de la muestra.



**Figura 18** Realización de la marca longitudinal con disco de corte

A continuación se colocó un cincel fino en la muesca realizada con el disco y mediante un golpe seco se divide la raíz en dos mitades (*Figura 19*). De esta forma, el conducto ya se encuentra listo para ser estudiado.

Las muestras se colocaron en un portamuestras de latón y pegadas con cianoacrilato (*Figura 20*).



**Figura 19** Aspecto coronal de la muestra previa a la separación



**Figura 20** Portamuestras de latón

Posteriormente se introdujeron en un evaporador para darles una capa de grafito (Balzers Union Med 010). Luego se colocaron en una metalizadora (sputtering) donde se le dio una capa de oro de 25 nm de espesor (Emitech K550X) (*Figura 21*). Finalmente, observamos un total de 60 muestras.





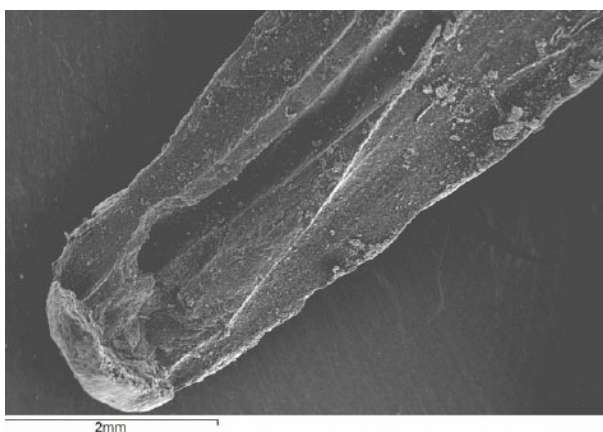
**Figura 21** Muestras preparadas para su observación al microscopio

El microscopio Electrónico de Barrido (JEOL JSM-6400) se utilizó aplicando una tensión de 20 kV y una corriente de 100 mA, trabajando a una distancia de 39 mm. Las zonas a estudio fueron los tercios apical y medio del conducto.

#### 4. RECOGIDA DE IMÁGENES

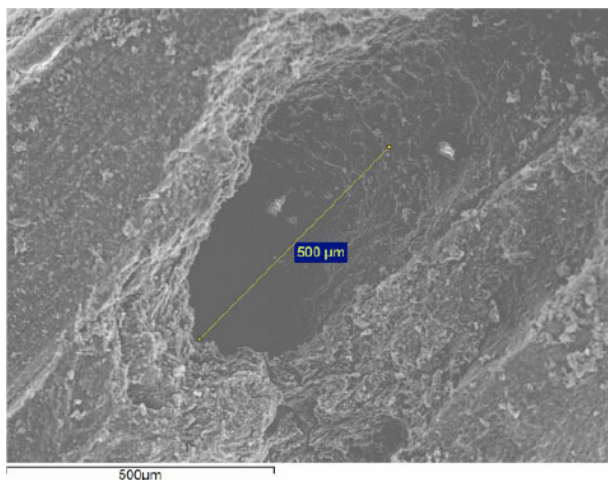
Las imágenes fueron tomadas mediante el siguiente protocolo para poder obtenerlas de forma aleatoria:

En un primer momento, se observaron las muestras a x20 para poder localizar la zona a evaluar. Se centró la imagen en la parte apical donde se pudiera observar la marca que había dejado nuestro instrumento de calibración apical final (Figura 22).



**Figura 22** Localización de la marca apical del instrumento

En esta posición, se observaron las muestras a x100 para, tomar como referencia la parte más apical de la marca de la instrumentación y, siguiendo el eje central de la preparación hacia coronal, obtener las siguientes imágenes siempre a la misma distancia, a 0,5 mm de la longitud de trabajo (Figura 23). Éste es el procedimiento



**Figura 23** Localización de la zona a estudio (0,5 mm)

que se siguió con cada una de las muestras y de esta forma las fueron recogidas de forma aleatoria. Se tomaron dos imágenes, una a x500 y otra a x1000, sin cambiar en ningún momento la posición de la muestra.

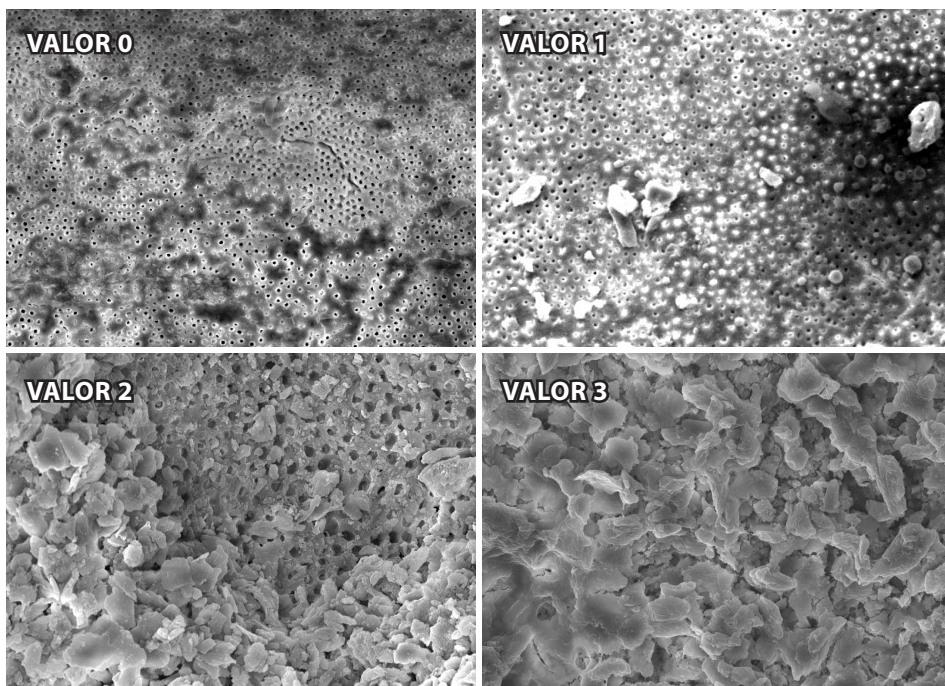
Se volvió a observar la muestra a x100, se localizó el tercio medio y partiendo desde el extremo (donde se realizó el corte para la decapitación) y siguiendo el eje longitudinal de la preparación, se localizó un punto en el centro de la preparación, siempre a la misma distancia en cada muestra, en este caso a 1 mm del borde, que correspondía a 5 mm de la longitud de trabajo. En esa posición se tomaron dos imágenes a x500 y x1000.

La imagen, de esta forma, es tomada en un lugar aleatorio para cada muestra.

## 5. EVALUACIÓN DE DEBRIS Y SMEAR LAYER

Las imágenes fueron analizadas por un observador experimentado previamente entrenado para la observación de muestras al Microscopio Electrónico de Barrido y para la evaluación de debris y Smear Layer en la superficie dentinaria. Se utilizó la clasificación de Hülsmann modificada para medir a x500 la presencia de debris y a x1000 la presencia de barrillo

dentinario (HÜLSMANN 1997) dando los siguiente valores: **0** (Superficie limpia, todos los túbulos abiertos); **1** (La mayoría de los túbulos abiertos, pero existen restos); **2** (La mayoría de la superficie de los túbulos están tapados); **3** (Toda la superficie está cubiertas por restos) (Figura 24).



**Figura 24** Imágenes para los observadores

## 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables cualitativas se describen con su distribución de frecuencias absolutas y relativas. Se evaluó la asociación entre los diferentes grupos de estudio y el grado de limpieza mediante el test de chi-cuadrado, en el caso de que más de un 25% de los esperados fueran menores de 5. Para todas las pruebas se aceptará un valor de significación de  $p < 0,05$ .

Se evaluó la distribución de frecuencias dentro de cada uno de los grupos en la variable de resultados en sus dos determinaciones (500 y 1000) con el test para muestras relacionadas de McNemar. Para ello, hay que trabajar con muestras relacionadas o apareadas ya que un mismo

grupo de muestras han sido valoradas en dos localizaciones diferentes y no son independientes.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante el paquete estadístico StatGraphics Centurion XVI.

## 7. EVALUACIÓN DE DEBRIS Y SMEAR LAYER

Las imágenes fueron analizadas por un observador experimentado previamente entrenado para la observación de muestras al Microscopio Electrónico de Barrido y para la evaluación de debris y Smear Layer en la superficie dentinaria.

Se utilizó la clasificación de Hülsmann (HÜLSMANN 1997) modificada para medir a x500 la presencia de debris y a x1000 la presencia de Smear Layer (Tabla 2):

0	Superficie limpia, todos los túbulos abiertos
1	La mayoría de los túbulos están abiertos, pero existen restos
2	La mayoría de la superficie de los túbulos están tapados
3	Toda la superficie está cubierta por restos

Tabla 2 Clasificación de Hülsmann

## **IV. RESULTADOS**



# 1. ANÁLISIS COMPARATIVO EN REMOCIÓN DE DEBRIS

En cuanto a la remoción de debris, analizada a x500 en los tercios apical y medio del conducto radicular, se realiza un análisis por grupos de los resultados y un análisis comparativo entre todos los grupos a estudio.

► ANÁLISIS POR GRUPOS

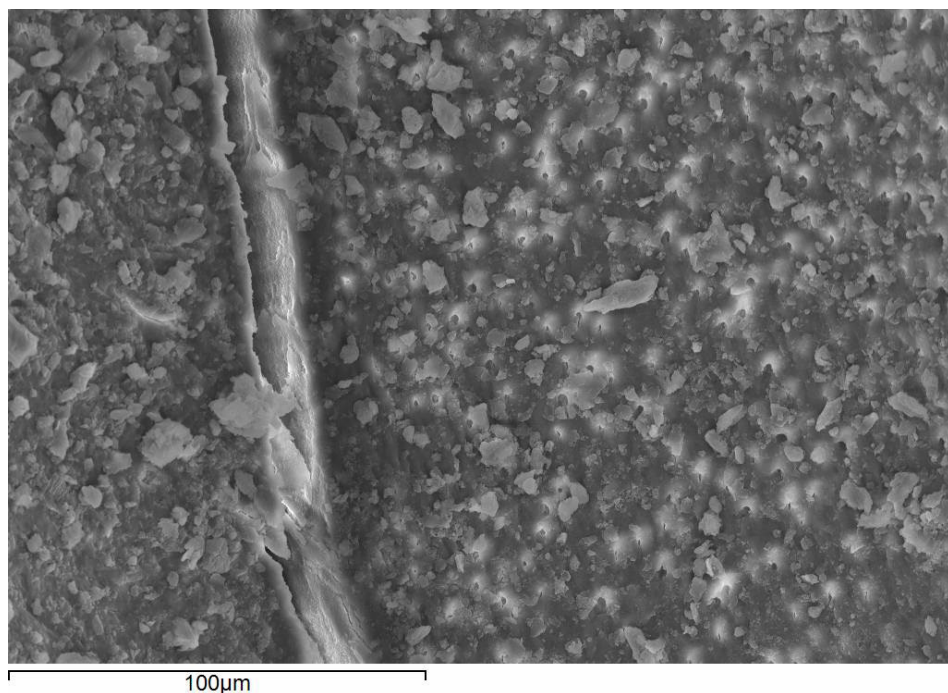
		Grupo 1 (EDTA al 17%)	Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)	Grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)	Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)	Grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)
APICAL X500	0	0 %	0 %	0 %	0 %	11,1 %
	1	21,4 %	0 %	18,2 %	33,3 %	44,5 %
	2	64,3 %	50 %	63,6 %	33,3 %	22,2 %
	3	14,3 %	50 %	18,2 %	33,3 %	22,2 %
MEDIO x500	0	0 %	0 %	0 %	0 %	33,3 %
	1	14,3 %	0 %	9,1 %	66,6 %	55,6 %
	2	64,3 %	50 %	27,3 %	16,7 %	11,1 %
	3	21,4 %	50 %	63,6 %	16,7 %	0 %

**Tabla 3** Análisis de debris de todos los grupos en tercios apical y medio (a x500 de aumento). Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

### Grupo 1 (EDTA al 17%)

En el análisis del tercio apical, no se observaron superficies completamente libres de debris (valor 0), pero sí se encontraron superficies con la mayoría de túbulos dentinarios abiertos (valor 1) en un 21,4 % de las muestras. La mayoría de las superficies presentaron valores 2, donde la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por debris (64,3 %) y completamente cubiertos por debris en un 14,3 % (valor 3).

En el análisis del tercio medio, no se observaron superficies completamente libres de debris (valor 0), y se encontraron un 14,3 % de las muestras con superficies donde la mayoría de túbulos dentinarios estaban abiertos (valor 1). La mayoría de las superficies presentaron valores 2, donde la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por debris (64,3 %) (*Figura 25*) y completamente cubiertos por debris (valor 3) en un 21,4 % de las muestras (*Tabla 3*).



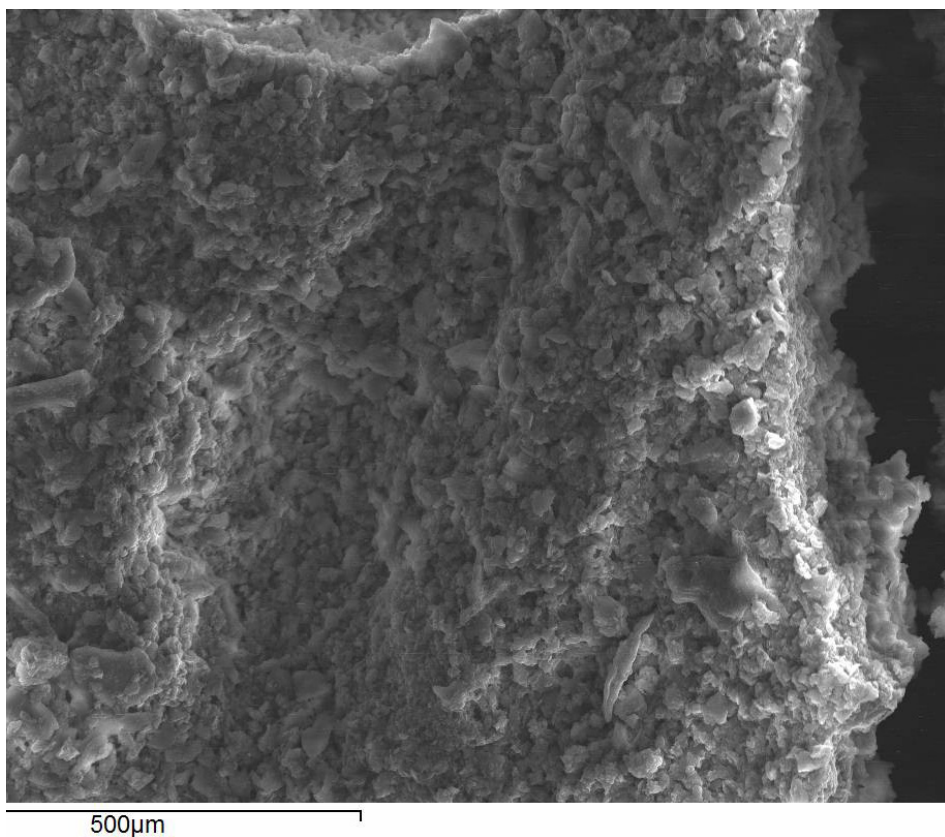
**Figura 25** Imagen del grupo 1 (EDTA al 17%) en tercio medio donde se aprecia la mayoría de la superficie dentinaria cubierta por debris, pero existen algunos túbulos dentinarios abiertos (valor 2) a x500 aumentos



## Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)

En el análisis del tercio apical, no se observaron superficies libres de debris (valores 0 y 1). La mayoría de las superficies presentaron valores 2 (50 %) y 3 (50 %), encontrándose por tanto las superficies prácticamente cubiertas por debris en todas las muestras a estudio.

En el análisis del tercio medio, tampoco se observaron superficies libres de debris (valores 0 y 1). La mayoría de las superficies presentaron valores 2 (50 %) y 3 (50 %) (*Figura 26*) con superficies con muchos restos de debris en la superficie dentinaria (*Tabla 3*).

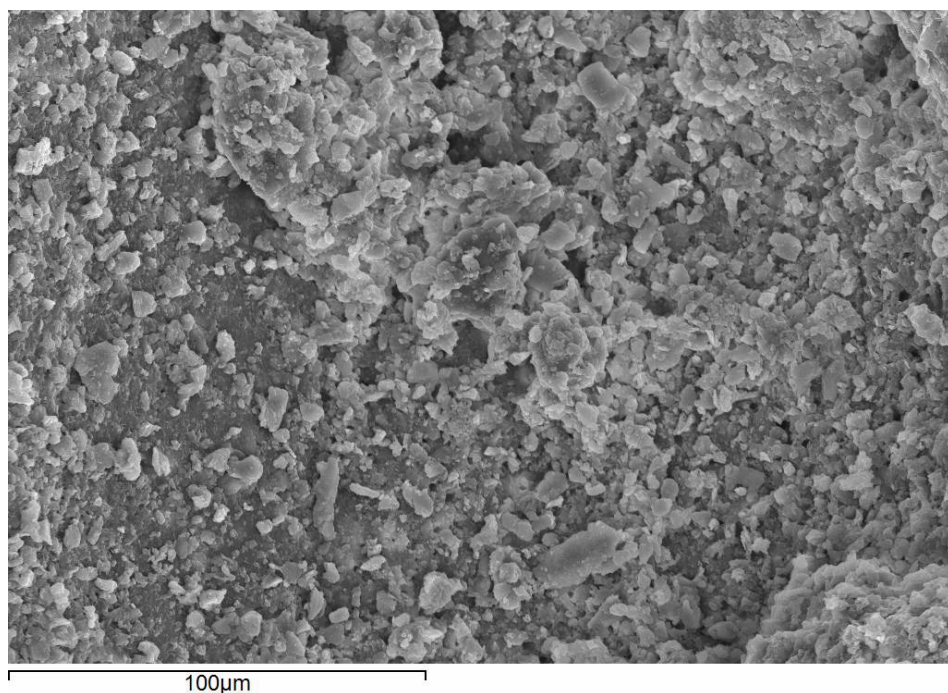


**Figura 26** Imagen del grupo 2 (Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecia toda la superficie dentinaria cubierta por restos de debris (valor 3) a x500 aumentos

### Grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)

En el análisis del tercio apical, no se observaron superficies completamente libres de debris (valor 0), pero sí se encontraron algunas superficies con la mayoría de túbulos dentinarios abiertos (valor 1) en un 18,2 % de las muestras. La mayoría de las superficies presentaron valores 2, donde la mayoría de los túbulos se encontraban cubiertos por debris (63,6%) y completamente cubiertos por debris en un 18,2% (valor 3).

En el análisis del tercio medio, no se observaron superficies completamente libres de debris (valor 0), y se encontraron un menor número de muestras (9,1 %) con superficies donde la mayoría de túbulos dentinarios estaban abiertos (valor 1). La mayoría de los túbulos se encontraban cubiertos por debris en un 27,3 % de las muestras (valor 2) (Figura 27), mientras la mayor parte de las muestras (63,6%) presentaban un valor 3, con superficies completamente cubiertas por debris (Tabla 3).

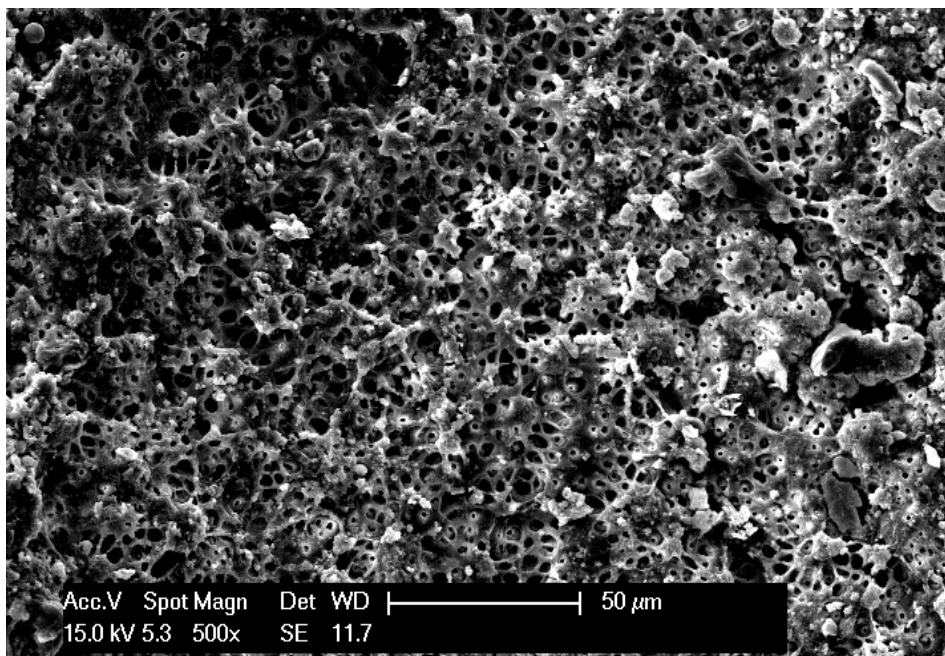


**Figura 27** Imagen del grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de los túbulos dentinarios cubiertos por restos de debris y pocos túbulos dentinarios abiertos (valor 2) a x500 aumentos

#### Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)

En el análisis del tercio apical, no se observaron superficies completamente libres de debris (valor 0). Sin embargo, se encontraron un mayor número de muestras (33,3 %) donde las superficies presentaban la mayoría de túbulos dentinarios abiertos (valor 1). En un 33,3% de las muestras se observaron una mayor parte de la superficie de los túbulos cubiertos por debris (valor 2) y en un 33,3% las superficies estaban completamente cubiertas por debris (valor 3).

En el análisis del tercio medio, no se observaron superficies completamente libres de debris (valor 0), pero si se se encontraron más de la mitad de las muestras (66,6 %) con superficies donde la mayoría de túbulos dentinarios estaban abiertos (valor 1) (*Figura 28*). El resto de las muestras presentaban superficies donde la mayoría de los túbulos se encontraban cubiertos por debris en un 16,7 % de las muestras (valor 2), y superficies completamente cubiertas por debris (valor 3) en un 16,7 % de las muestras (*Tabla 3*).



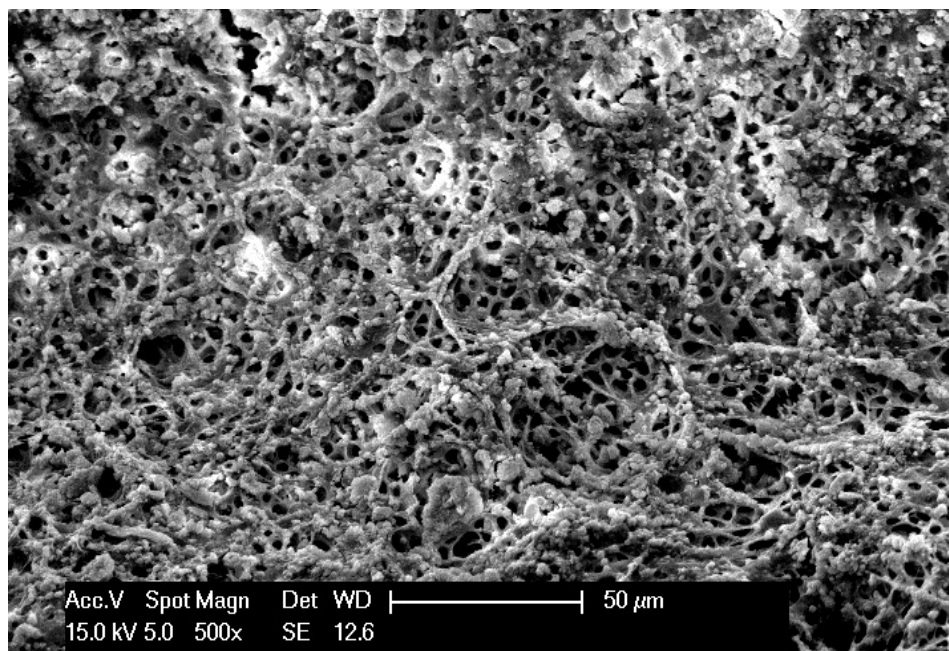
**Figura 28** Imagen del grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de túbulos dentinarios abiertos, pero con restos de debris (valor 1) a x500 aumentos



### Grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)

En el análisis del tercio apical, se observan superficies completamente libres de debris (valor 0) en un 11,1 % de las muestras, y un alto número de muestras (44,5 %) donde las superficies presentaban la mayoría de túbulos dentinarios abiertos (valor 1). En un 22,2% de las muestras se encontraron superficies con la mayor parte de los túbulos cubiertos por debris (valor 2) y en un 22,2 % la superficie estaba completamente cubierta por debris (valor 3).

En el análisis del tercio medio, se observaron una mayor cantidad de superficies (33,3 %) completamente libres de debris (valor 0), y sí se se encontraron más de la mitad de las muestras (55,6 %) con superficies donde la mayoría de túbulos dentinarios estaban abiertos (valor 1) (*Figura 29*). El resto de las muestras presentaban superficies donde la mayoría de los túbulos se encontraban cubiertos por debris en un 11,1 % de las muestras (valor 2), y no se encontraron muestras con superficies completamente cubiertas por debris (valor 3) (*Tabla 3*).



**Figura 29** Imagen del grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecia la superficie dentinaria con restos de debris y con túbulos dentinarios abiertos (valor 1) a x500 aumentos

► ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE GRUPOS

**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 2** (Láser de Nd:YAG)

Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) y el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) a nivel apical, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de debris, siendo ésta mayor en el grupo tratado con EDTA al 17% ( $p=0.0646$ ). En el análisis del tercio medio, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas, encontrando algunos valores de túbulos limpios y menor presencia de superficies completamente cubiertas por debris en el grupo tratado con EDTA al 17% ( $p=0.1767$ ) (Tabla 4).

	Grupo 1 (EDTA al 17%)		Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)		
APICAL X500	0	0 %	0	0 %	p = 0.0646
	1	21,4 %	1	0 %	
	2	64,3 %	2	50 %	
	3	14,3 %	3	50 %	
MEDIO x500	0	0 %	0	0 %	p = 0.1767
	1	14,3 %	1	0 %	
	2	64,3 %	2	50 %	
	3	21,4 %	3	50 %	

**Tabla 4** Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 3** (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)

Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) y el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de debris ( $p=0.9554$ ) a nivel apical, ni a nivel del tercio medio ( $p=0.0983$ ). En las dos zonas a estudio, la limpieza fue superior en los casos tratados solo con EDTA al 17%. (Tabla 5).

	Grupo 1 (EDTA al 17%)		Grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)		
APICAL X500	0	0 %	0	0 %	p = 0.9554
	1	21,4 %	1	18,2 %	
	2	64,3 %	2	63,6 %	
	3	14,3 %	3	18,2 %	
MEDIO x500	0	0 %	0	0 %	p = 0.0983
	1	14,3 %	1	9,1 %	
	2	64,3 %	2	27,3 %	
	3	21,4 %	3	63,6 %	

**Tabla 5** Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x500 de aumento.

Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

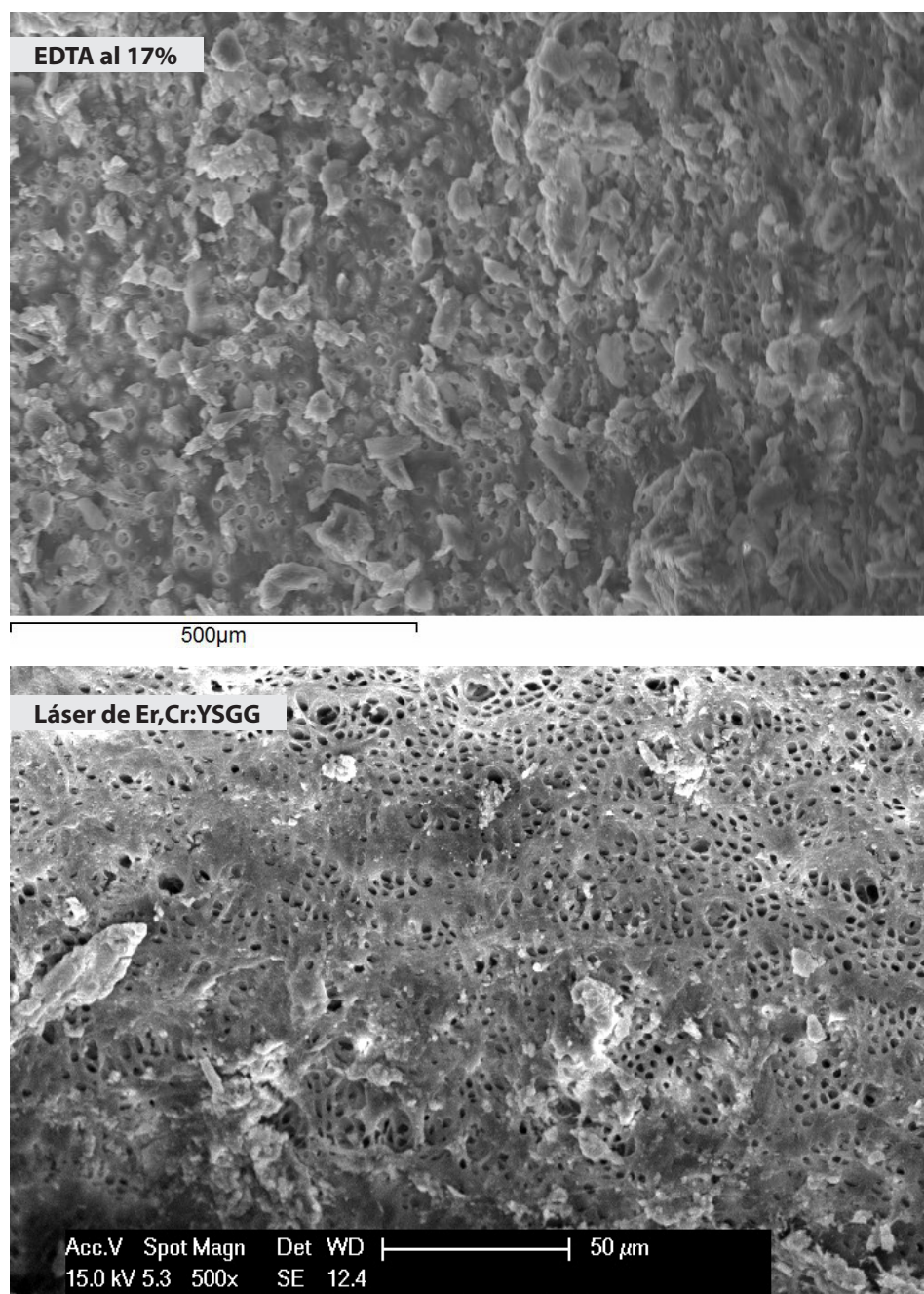
**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 4** (Láser de Er,Cr:YSGG)

Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 4 (Láser de Er,-Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de debris a nivel apical ( $p=0.2733$ ). Sin embargo, al hacer el análisis del tercio medio, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0170$ ). Tanto a nivel apical como medio, el Láser de Er,Cr:YSGG presenta una mayor presencia de túbulos dentinarios abiertos (Tabla 6).

Se adjuntan imágenes de una muestra del grupo 1 (EDTA al 17%, con un valor 2 en la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, con un valor 1 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos (Figura 30).

	Grupo 1 (EDTA al 17%)		Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X500	0	0 %	0	0 %	p = 0.2733
	1	21,4 %	1	33,3 %	
	2	64,3 %	2	33,3 %	
	3	14,3 %	3	33,3 %	
MEDIO x500	0	0 %	0	0 %	p = 0.0170
	1	14,3 %	1	66,6 %	
	2	64,3 %	2	16,7 %	
	3	21,4 %	3	16,7 %	

**Tabla 6** Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.



**Figura 30** Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 en la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos



**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 5** (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)

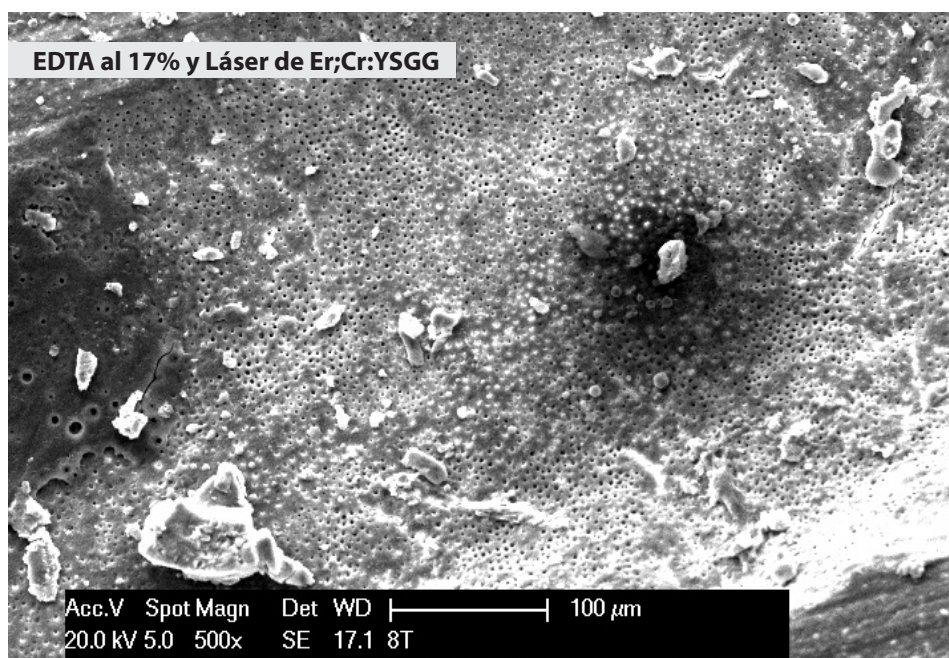
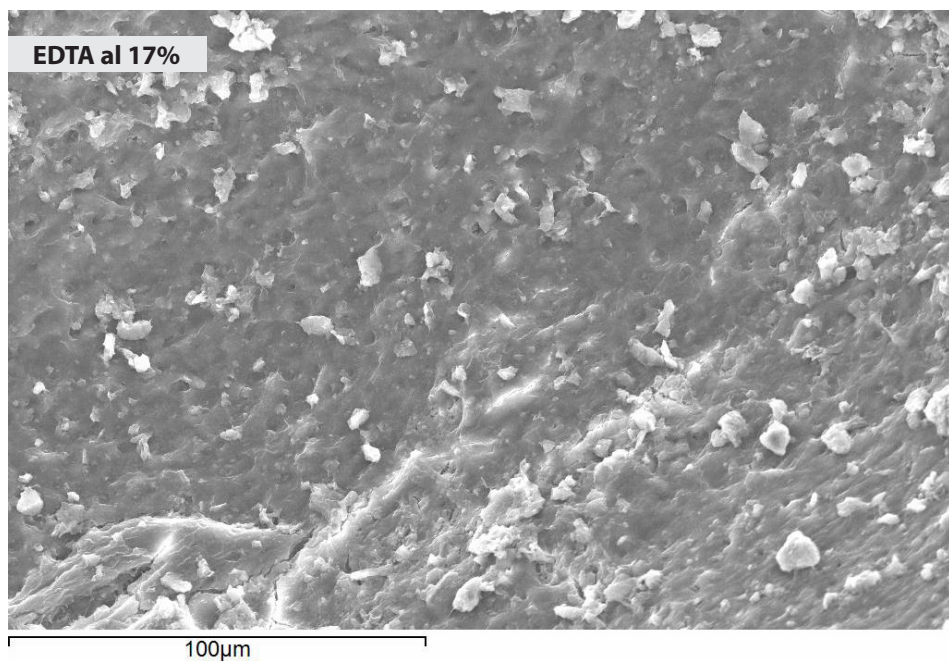
Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de debris a nivel apical ( $p=0.1923$ ). Sin embargo, las diferencias sí fueron estadísticamente significativas en el análisis del tercio medio ( $p=0.0042$ ). En ambos casos, los resultados fueron más favorables para el grupo tratado con EDTA 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, donde se pudo observar la presencia de superficies dentinarias completamente limpias y con los túbulos dentinarios abiertos (Tabla 7).

Se adjuntan imágenes de una muestra del grupo 1 (EDTA al 17%, con un valor 2 en la escala de Hülsmann) y el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, con un valor 1 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos (Figura 31).

	Grupo 1 (EDTA al 17%)		Grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X500	0	0 %	0	11,1 %	p = 0.1923
	1	21,4 %	1	44,5 %	
	2	64,3 %	2	22,2 %	
	3	14,3 %	3	22,2 %	
MEDIO x500	0	0 %	0	33,3 %	p = 0.0042
	1	14,3 %	1	55,6 %	
	2	64,3 %	2	11,1 %	
	3	21,4 %	3	0 %	

**Tabla 7** Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento.

Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.



**Figura 31** Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos

**Grupo 2** (Láser de Nd:YAG) **vs Grupo 3** (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)

Al comparar el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de debris a nivel apical ( $p=0.1326$ ), ni tampoco en el tercio medio ( $p=0.3611$ ). En ambos casos, los resultados fueron más favorables para el grupo tratado con EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG (Tabla 8).

	Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)		Grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)		
APICAL X500	0	0 %	0	0 %	p = 0.1326
	1	0 %	1	18,2 %	
	2	50 %	2	63,6 %	
	3	50 %	3	18,2 %	
MEDIO x500	0	0 %	0	0 %	p = 0.3611
	1	0 %	1	9,1 %	
	2	50 %	2	27,3 %	
	3	50 %	3	63,6 %	

**Tabla 8** Análisis de debris en tercios apical y medio comparando el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

**Grupo 2** (Láser de Nd:YAG) **vs Grupo 4** (Láser de Er,Cr:YSGG)

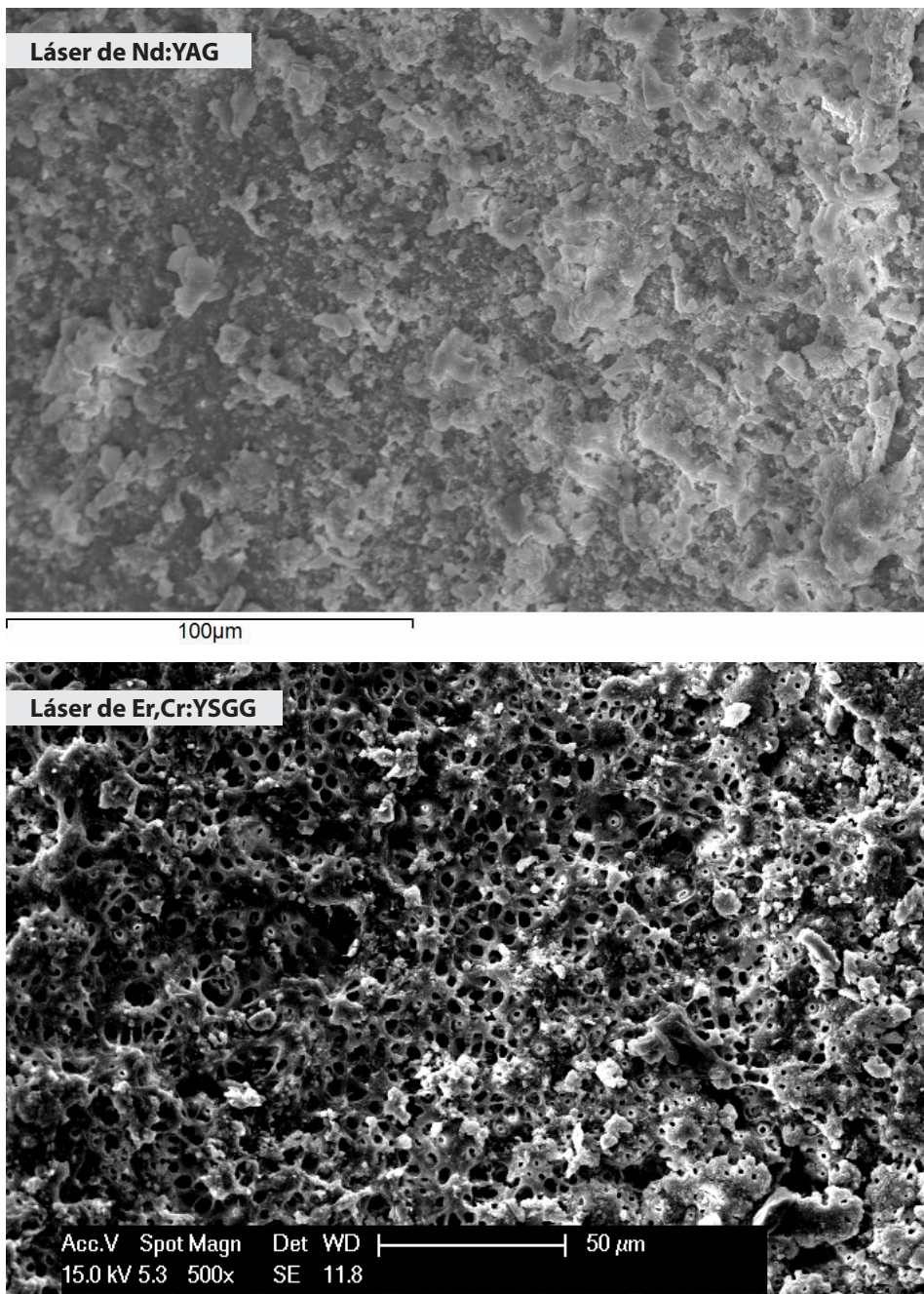
Al comparar el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de debris a nivel apical ( $p=0.0907$ ). Sin embargo, en el análisis del tercio medio, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0025$ ). Los resultados son mucho más favorables en el grupo tratado con láser de Er,Cr:YSGG, comparado con el grupo de láser de Nd:YAG (Tabla 9).

Se adjuntan imágenes de una muestra del grupo 2 (Láser de Nd:YAG con un valor 2 en la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, con un valor 1 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos (Figura 32).

	Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)		Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X500	0	0 %	0	0 %	p = 0.0907
	1	0 %	1	33,3 %	
	2	50 %	2	33,3 %	
	3	50 %	3	33,3 %	
MEDIO x500	0	0 %	0	0 %	p = 0.0025
	1	0 %	1	66,6 %	
	2	50 %	2	16,7 %	
	3	50 %	3	16,7 %	

**Tabla 9** Análisis de debris en tercios apical y medio comparando grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento.  
Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.





**Figura 32** Imágenes de dos muestras del grupo 2 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos

**Grupo 4** (Láser de Er,Cr:YSGG) **vs Grupo 5** (EDTA 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)

Al comparar el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de debris a nivel apical ( $p=0.5840$ ), ni tampoco en el tercio medio ( $p=0.1264$ ). En ambos casos, los resultados fueron más favorables para el grupo tratado con EDTA 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, siendo estos resultados mejores en tercio medio que en tercio apical (Tabla 10).

	Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)		Grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X500	0	0 %	0	11,1 %	p = 0.5840
	1	33,3 %	1	44,5 %	
	2	33,3 %	2	22,2 %	
	3	33,3 %	3	22,2 %	
MEDIO x500	0	0 %	0	33,3 %	p = 0.1264
	1	66,6 %	1	55,6 %	
	2	16,7 %	2	11,1 %	
	3	16,7 %	3	0 %	

**Tabla 10** Análisis de debris en tercios apical y medio comparando grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x500 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

## 2. ANÁLISIS COMPARATIVO EN REMOCIÓN DE SMEAR LAYER

En cuanto a la remoción de Smear Layer, analizada a x1000 en los tercios apical y medio del conducto radicular, se realiza un análisis por grupos de los resultados y un análisis comparativo entre todos los grupos a estudio.

### ► ANÁLISIS POR GRUPOS

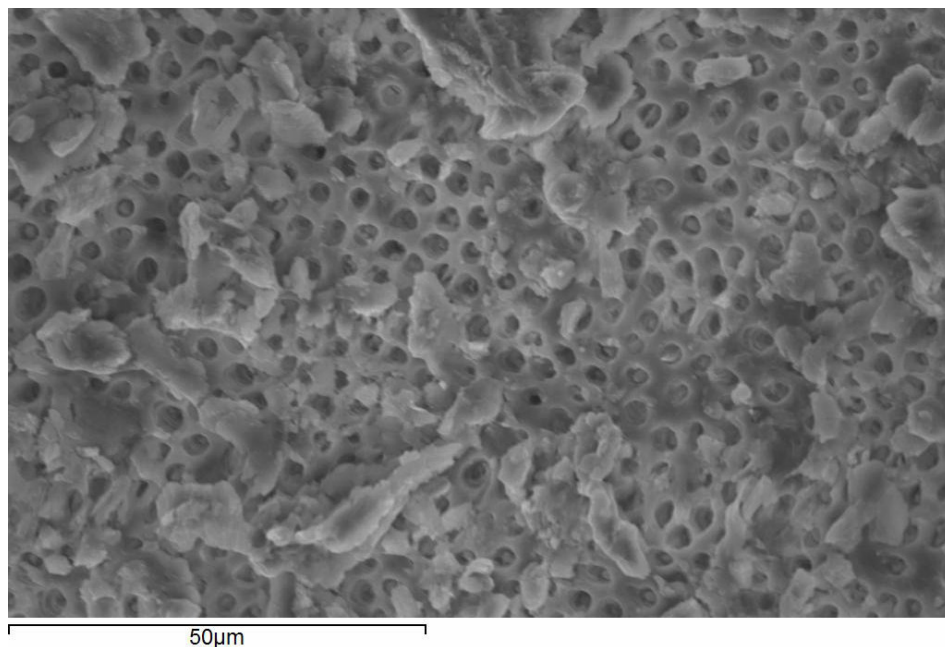
		<b>Grupo 1</b> (EDTA al 17%)	<b>Grupo 2</b> (Láser de Nd:YAG)	<b>Grupo 3</b> (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)	<b>Grupo 4</b> (Láser de Er,Cr:YSGG)	<b>Grupo 5</b> (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)
<b>APICAL</b> <b>X1000</b>	<b>0</b>	0 %	0 %	0 %	8,3 %	33,3 %
	<b>1</b>	21,4 %	0 %	9,1 %	25 %	22,3 %
	<b>2</b>	42,9 %	33,3 %	54,5 %	25 %	33,3 %
	<b>3</b>	35,7 %	66,7 %	36,4 %	41,7 %	11,1 %
<b>MEDIO</b> <b>x1000</b>	<b>0</b>	0 %	0 %	0 %	16,7 %	55,6 %
	<b>1</b>	14,3 %	0 %	9,1 %	58,3 %	22,2 %
	<b>2</b>	35,7 %	25 %	18,2 %	16,7 %	22,2 %
	<b>3</b>	50 %	75 %	72,7 %	8,3 %	0 %

**Tabla 11** Análisis de Smear Layer de todos los grupos en tercios apical y medio (a x1000 de aumento). Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

### Grupo 1 (EDTA al 17%)

En el análisis del tercio apical, no se observaron superficies completamente libres de Smear Layer (valor 0), pero sí se encontraron superficies con la mayoría de túbulos dentinarios abiertos (valor 1) (*Figura 33*) en un 21,4 % de las muestras. La mayoría de las superficies presentaron valores 2, donde la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer (42,9 %) y completamente cubiertos por Smear Layer en un 35,7 % (valor 3).

En el análisis del tercio medio, no se observaron superficies completamente libres de Smear Layer (valor 0), y se encontraron un 14,3 % de las muestras con superficies donde la mayoría de túbulos dentinarios estaban abiertos (valor 1). Un 35,7 % de las superficies presentaron valores 2, donde la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer y completamente cubiertos por Smear Layer (valor 3) en un 50 % de las muestras (*Tabla 11*).



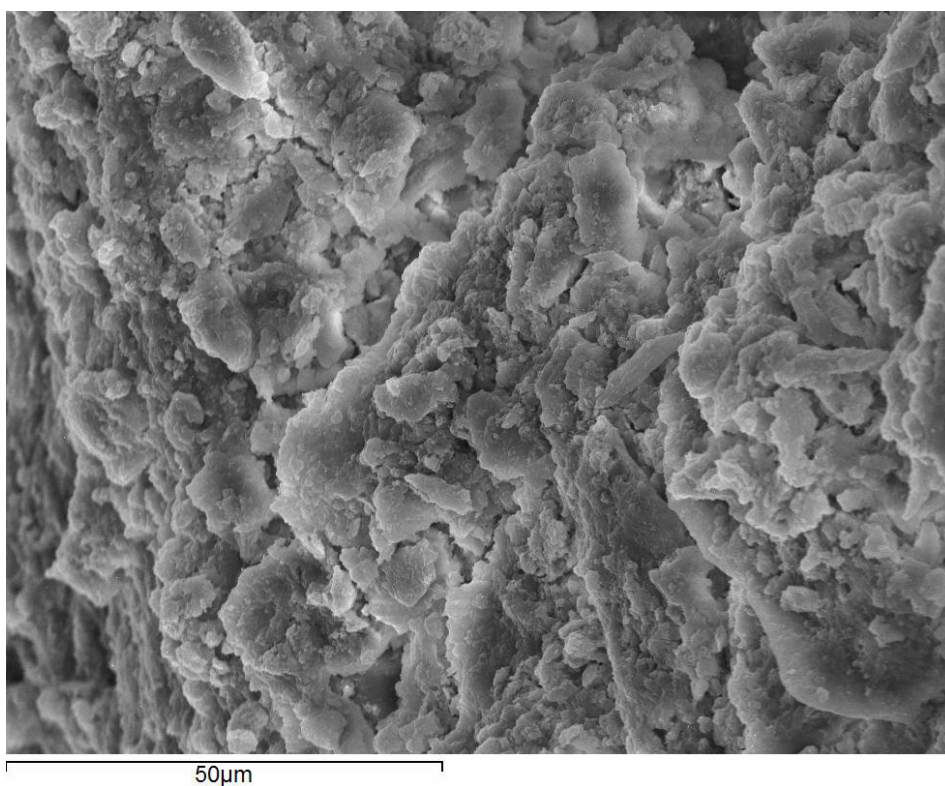
**Figura 33** Imagen del grupo 1 (EDTA al 17%) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de túbulos dentinarios abiertos, pero con restos de Smear Layer (valor 1) a x1000 aumentos



## Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)

En el análisis del tercio apical, no se observaron superficies con valores 0 y 1, mientras que un 33,3 % de las muestras mostraron valores 2, donde la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer y en más de la mitad de las muestras (66,7 %) las superficies estaban completamente cubiertas por Smear Layer (valor 3).

En el análisis del tercio medio, no se observaron superficies con valores 0 y 1, sólo un 25 % de las muestras mostraron superficies con la mayor parte de los túbulos dentinarios cubiertos por Smear Layer (valor 2) y en un 75 % de las muestras, las superficies estaban completamente cubiertas por Smear Layer (valor 3) (Figura 34) (Tabla 11).

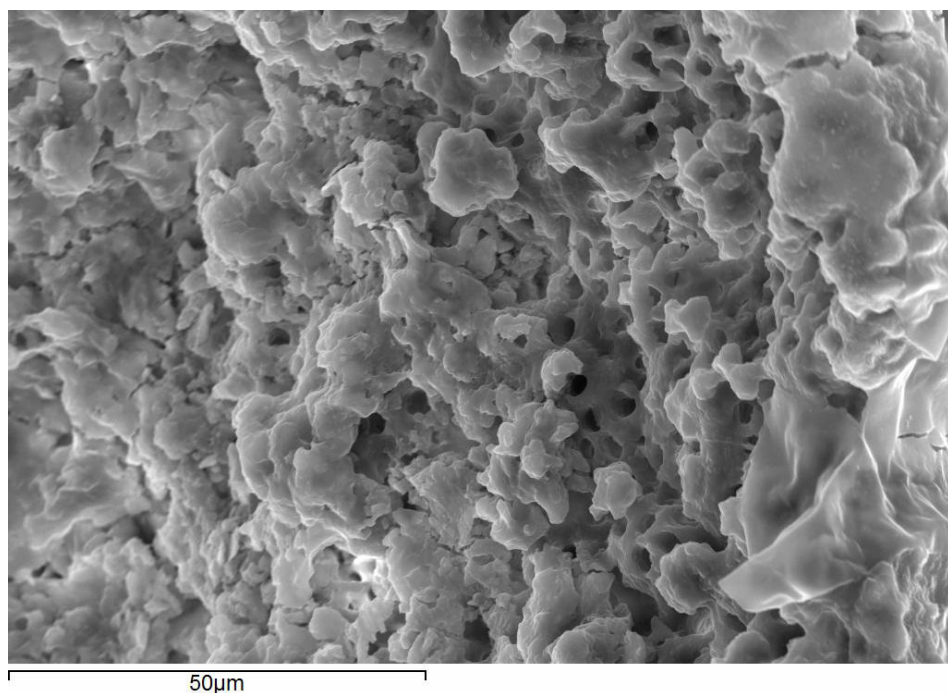


**Figura 34** Imagen del grupo 2 (Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecia toda la superficie dentinaria cubierta por restos de Smear Layer (valor 3) a x1000 aumentos

### Grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)

En el análisis del tercio apical, no se observaron superficies con valores 0, y sólo un 9,1 % de las muestras mostraron superficies con la mayor parte de los túbulos dentinarios libres de Smear Layer (valor 1). Más de la mitad de las muestras (54,5 %) mostraron valores 2, donde la mayoría de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer y en un 36,4 % de las muestras, se encontraron superficies completamente cubiertas por Smear Layer (valor 3).

En el análisis del tercio medio, no se observaron superficies con valores 0, y se observaron un 9,1 % de muestras con la mayor parte de los túbulos dentinarios libres de Smear Layer (valor 1). En un 18,2 % de las muestras encontramos que la mayoría de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer (valor 2) (*Figura 35*) y en la mayoría de las muestras (72,7 %) se encontraron superficies completamente cubiertas por Smear Layer (valor 3) (*Tabla 11*).

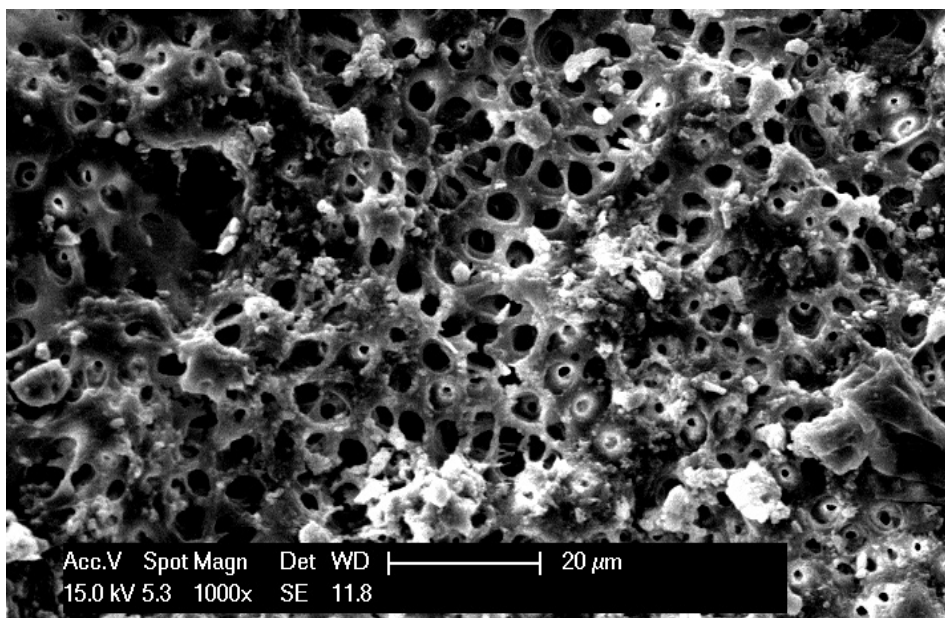


**Figura 35** Imagen del grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de los túbulos dentinarios cubiertos por restos de Smear Layer (valor 2) a x1000 aumentos

#### Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)

En el análisis del tercio apical, sí se observaron superficies con superficies completamente limpias (valor 0) en un 8,3 % de las muestras y en un 25 % de las muestras se observaron superficies con la mayor parte de los túbulos dentinarios libres de Smear Layer (valor 1). Un 25 % de las muestras mostraron valores 2, donde la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer y en un 41,7 % de las muestras, se encontraron superficies completamente cubiertas por Smear Layer (valor 3).

En el análisis del tercio medio, se observaron un mayor número de muestras (16,7 %) con superficies completamente limpias (valor 0), y se encontraron muestras con la mayor parte de los túbulos dentinarios libres de Smear Layer (valor 1) (*Figura 36*) en más de la mitad de las muestras (58,3 %). En un 16,7 % de las muestras encontramos la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer (valor 2) y sólo en un 8,3 % de las muestras se encontraron superficies completamente cubiertas por Smear Layer (valor 3) (*Tabla 11*).

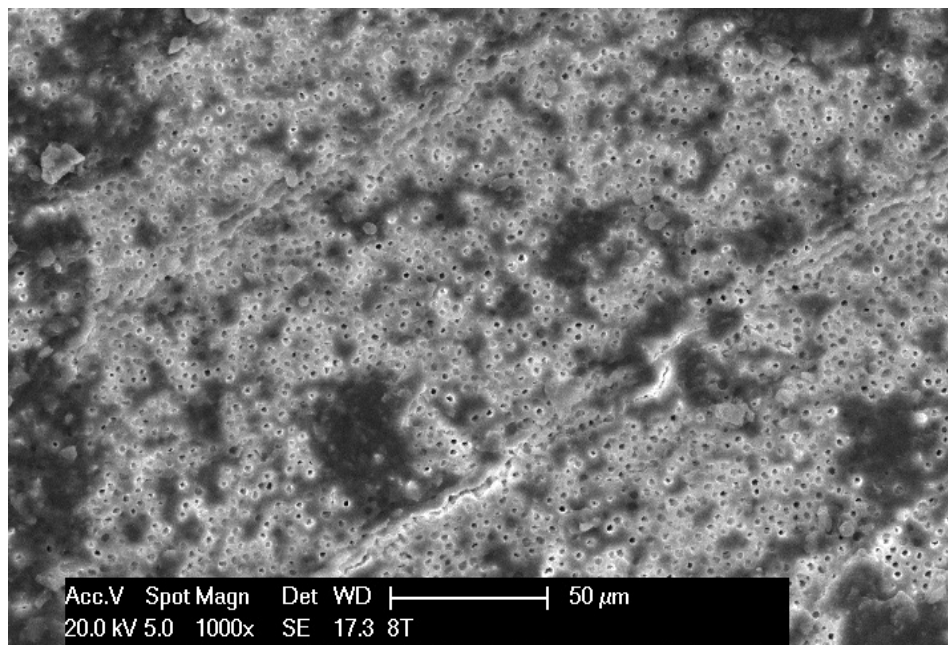


**Figura 36** Imagen del grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecian la mayoría de túbulos dentinarios abiertos, pero con restos de Smear Layer (valor 1) a x1000 aumentos

### Grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)

En el análisis del tercio apical, sí se observaron superficies con superficies completamente limpias (valor 0) en un 33,3 % de las muestras y en un 22,3% de las muestras se observaron superficies con la mayor parte de los túbulos dentinarios libres de Smear Layer (valor 1). Un 33,3 % de las muestras mostraron valores 2, donde la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer y tan sólo un 11,1 % de las muestras, se encontraron superficies completamente cubiertas por Smear Layer (valor 3).

En el análisis del tercio medio, más de la mitad de las muestras (55,6 %) mostraron superficies completamente limpias (valor 0) (Figura 37), y se encontraron muestras con la mayor parte de los túbulos dentinarios libres de Smear Layer (valor 1) en un 22,2 % de las muestras. En un 22,2 % de las muestras encontramos la mayoría de la superficie de los túbulos se encontraban cubiertos por Smear Layer (valor 2) y no se observaron muestras con superficies completamente cubiertas de Smear Layer (valor 3) (Tabla 11).



**Figura 37** Imagen del grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) en tercio medio donde se aprecia la superficie dentinaria libre de restos de Smear Layer y con túbulos dentinarios abiertos (valor 0) a x1000 aumentos.

► **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE GRUPOS**

**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 2** (Láser de Nd:YAG)

Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) y el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) a nivel apical, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de Smear Layer en tercio apical ( $p=0.1379$ ), ni en tercio medio ( $p=0.2710$ ). Tanto en apical como en el tercio medio, la limpieza fue mayor en los casos tratados con EDTA al 17% (Tabla 12).

	<b>Grupo 1</b> (EDTA al 17%)		<b>Grupo 2</b> (Láser de Nd:YAG)		
<b>APICAL</b> <b>X1000</b>	<b>0</b>	<b>0 %</b>	<b>0</b>	<b>0 %</b>	<b>p = 0.1379</b>
	<b>1</b>	<b>21,4 %</b>	<b>1</b>	<b>0 %</b>	
	<b>2</b>	<b>42,9 %</b>	<b>2</b>	<b>33,3 %</b>	
	<b>3</b>	<b>35,7 %</b>	<b>3</b>	<b>66,7 %</b>	
<b>MEDIO</b> <b>x1000</b>	<b>0</b>	<b>0 %</b>	<b>0</b>	<b>0 %</b>	<b>p = 0.2710</b>
	<b>1</b>	<b>14,3 %</b>	<b>1</b>	<b>0 %</b>	
	<b>2</b>	<b>35,7 %</b>	<b>2</b>	<b>25 %</b>	
	<b>3</b>	<b>50 %</b>	<b>3</b>	<b>75 %</b>	

**Tabla 12** Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) a x1000 de aumento.

Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.



**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 3** (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)

Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) y el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de Smear Layer a nivel apical, ( $p=0.6831$ ), ni tampoco en el tercio medio ( $p=0.5104$ ), siendo la limpieza ligeramente superior en el grupo tratado con EDTA al 17% (Tabla 13).

	Grupo 1 (EDTA al 17%)		Grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)		
APICAL X1000	0	0 %	0	0 %	p = 0.6831
	1	21,4 %	1	9,1 %	
	2	42,9 %	2	54,5 %	
	3	35,7 %	3	36,4 %	
MEDIO x1000	0	0 %	0	0 %	p = 0.5104
	1	14,3 %	1	9,1 %	
	2	35,7 %	2	18,2 %	
	3	50 %	3	72,7 %	

**Tabla 13** Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x1000 de aumento.  
Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 4** (Láser de Er,Cr:YSGG)

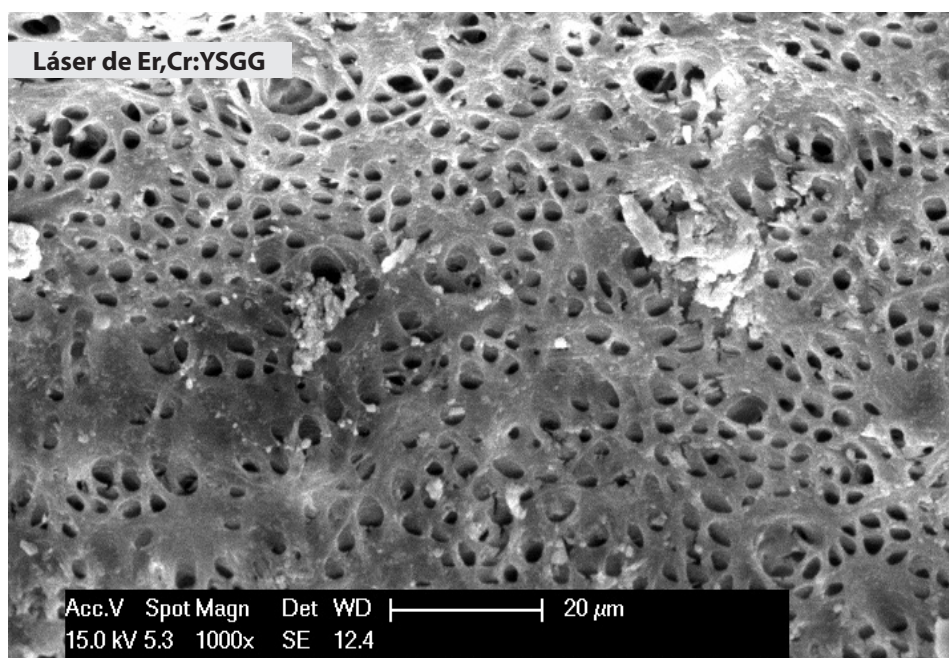
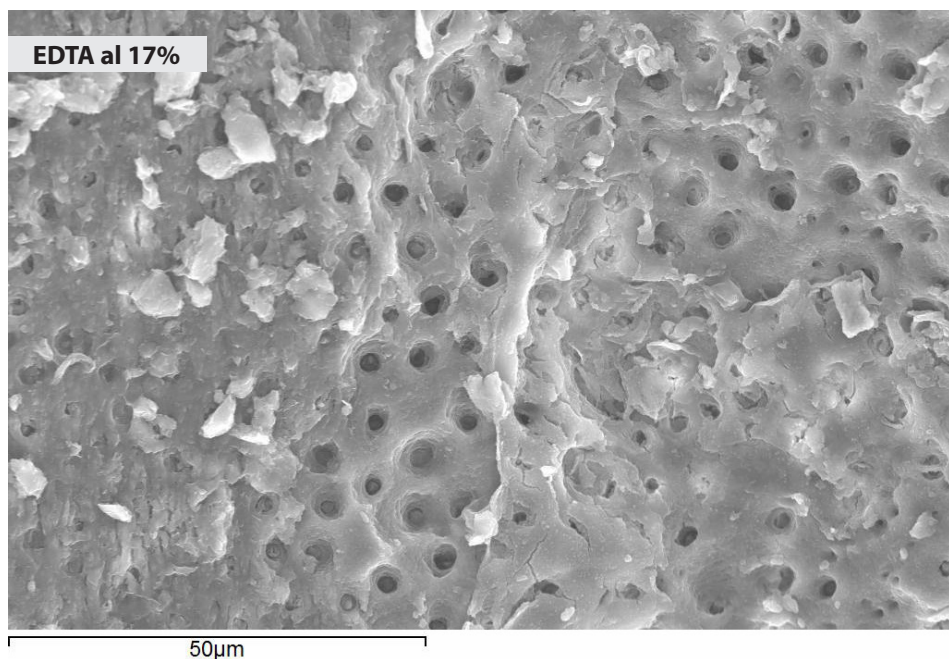
Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 4 (Láser de Er,-Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de Smear Layer a nivel apical ( $p=0.6026$ ). Sin embargo, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas en tercio medio ( $p=0.0150$ ). El grupo tratado con láser de Er,Cr:YSGG presenta valores con superficies completamente limpias de Smear Layer con túbulos dentinarios abiertos en ambos tercios (Tabla 14).

Se adjuntan imágenes de una muestra del grupo 1 (EDTA al 17%, con un valor 2 en la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, con un valor 1 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos (Figura 38).

	Grupo 1 (EDTA al 17%)		Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X1000	0	0 %	0	8,3 %	p = 0.6026
	1	21,4 %	1	25 %	
	2	42,9 %	2	25 %	
	3	35,7 %	3	41,7 %	
MEDIO x1000	0	0 %	0	16,7 %	p = 0.0150
	1	14,3 %	1	58,3 %	
	2	35,7 %	2	16,7 %	
	3	50 %	3	8,3 %	

**Tabla 14** Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento.

Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.



**Figura 38** Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x1000 aumentos



**Grupo 1** (EDTA al 17%) **vs Grupo 5** (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)

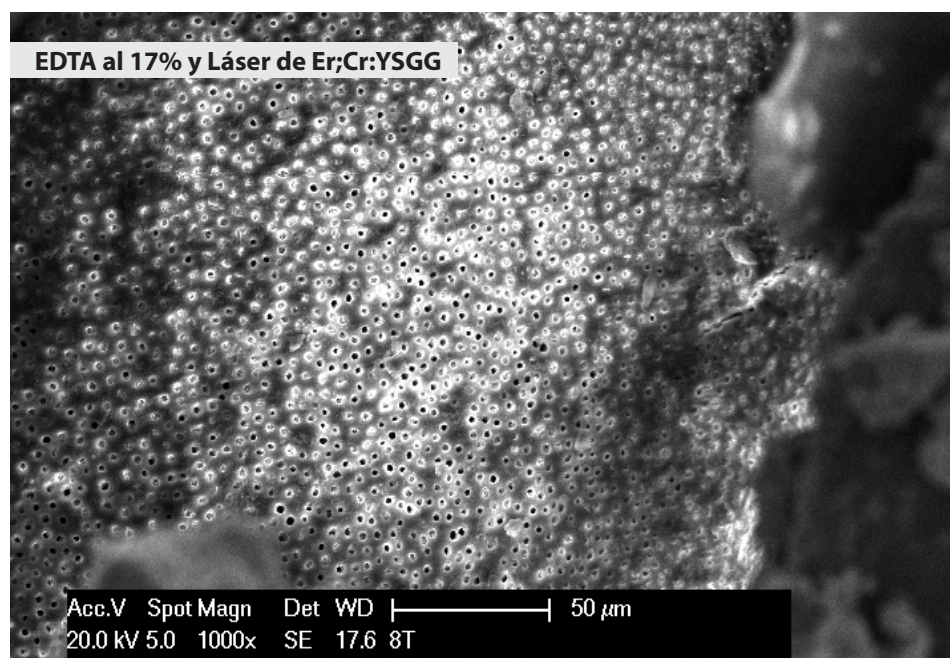
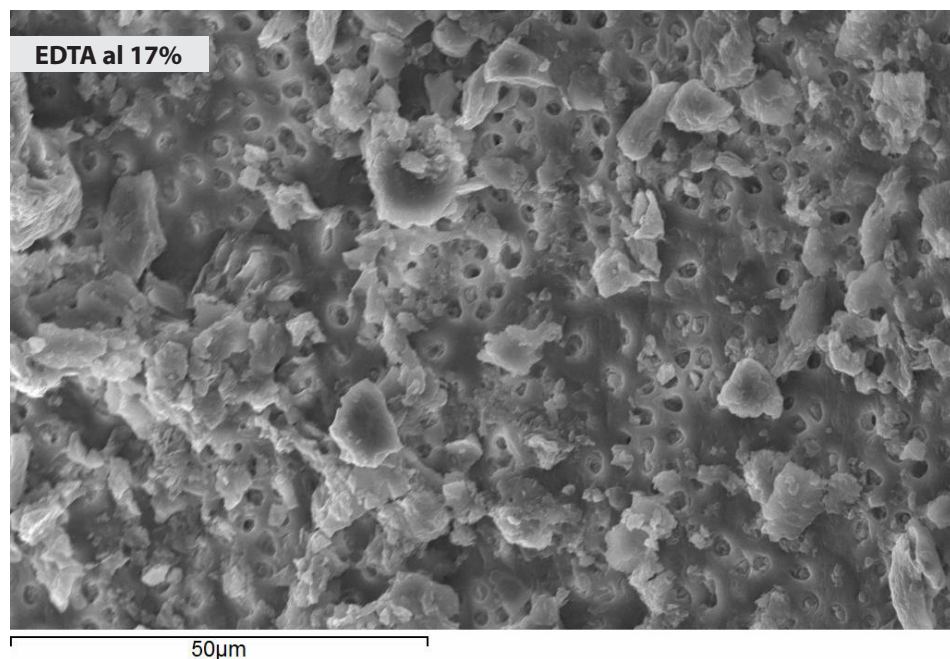
Al comparar el grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de Smear Layer a nivel apical ( $p=0.1084$ ). Sin embargo, en el análisis del tercio medio, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0051$ ). El grupo tratado con láser presenta superficies completamente libres de Smear Layer en ambos tercios a estudio (Tabla 15).

Se adjuntan imágenes de una muestra del grupo 1 (EDTA al 17%, con un valor 2 en la escala de Hülsmann) y el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, con un valor 0 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos (Figura 39).

	Grupo 1 (EDTA al 17%)		Grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X1000	0	0 %	0	33,3 %	p = 0.1084
	1	21,4 %	1	22,3 %	
	2	42,9 %	2	33,3 %	
	3	35,7 %	3	11,1 %	
MEDIO x1000	0	0 %	0	55,6 %	p = 0.0051
	1	14,3 %	1	22,2 %	
	2	35,7 %	2	22,2 %	
	3	50 %	3	0 %	

**Tabla 15** Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 1 (EDTA al 17%) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento.

Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.



**Figura 39** Imágenes de dos muestras del grupo 1 (EDTA al 17%, valor 2 de la escala de Hülsmann) y el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG, valor 0 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x1000 aumentos

**Grupo 2** (Láser de Nd:YAG) **vs Grupo 3** (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)

Al comparar el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de Smear Layer a nivel apical ( $p=0.2599$ ), ni tampoco en el tercio medio ( $p=0.5440$ ). El grupo tratado con EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG, presenta unos valores de limpieza ligeramente superiores al grupo tratado con Láser de Nd:YAG (Tabla 16).

	Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)		Grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG)		
APICAL X1000	0	0 %	0	0 %	p = 0.2599
	1	0 %	1	9,1 %	
	2	33,3 %	2	54,5 %	
	3	66,7 %	3	36,4 %	
MEDIO x1000	0	0 %	0	0 %	p = 0.5440
	1	0 %	1	9,1 %	
	2	25 %	2	18,2 %	
	3	75 %	3	72,7 %	

**Tabla 16** Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 3 (EDTA al 17% y Láser de Nd:YAG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

**Grupo 2** (Láser de Nd:YAG) **vs Grupo 4** (Láser de Er,Cr:YSGG)

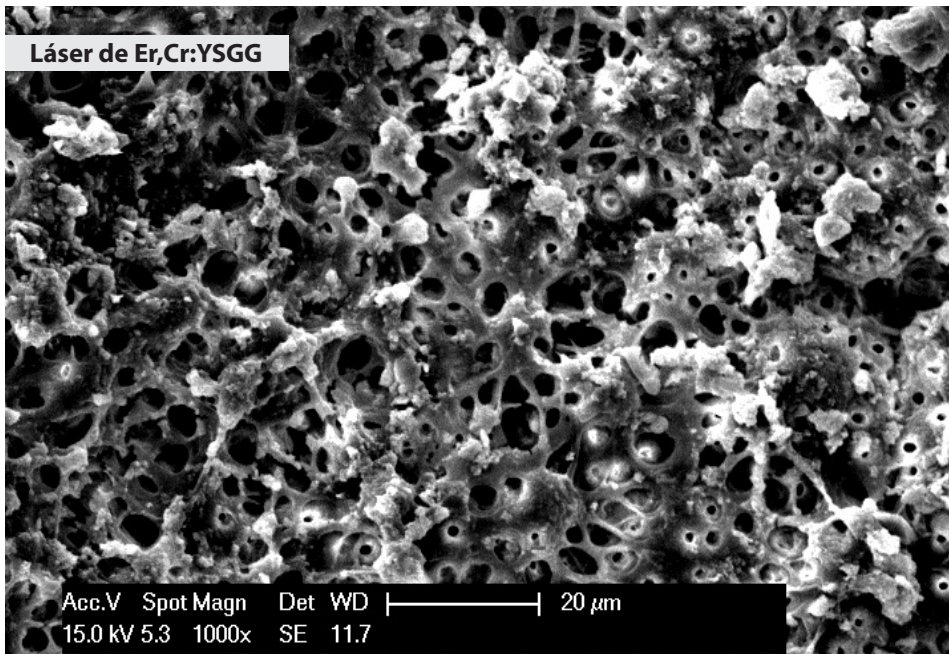
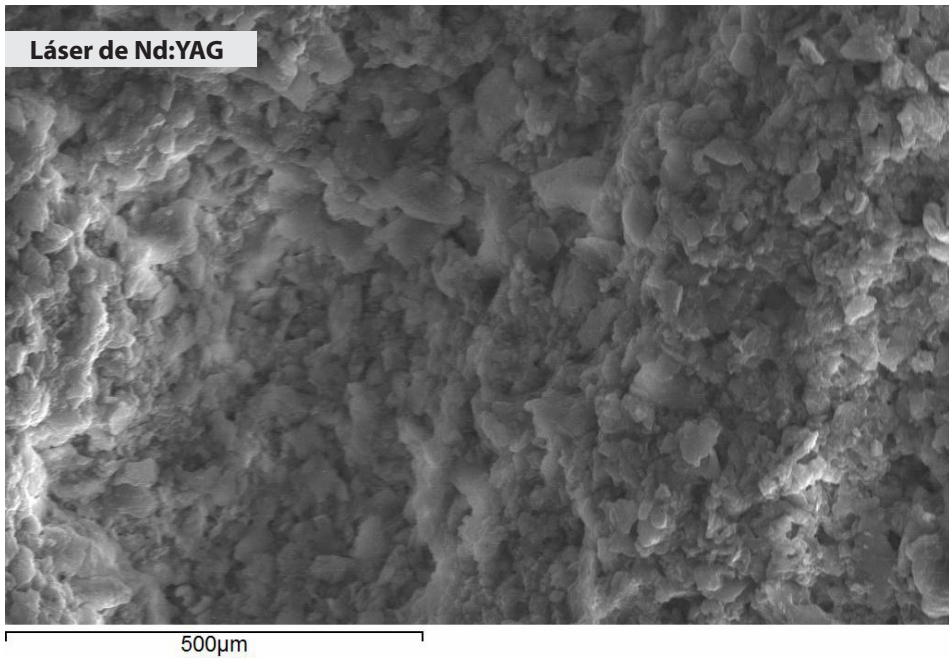
Al comparar el grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de Smear Layer a nivel apical ( $p=0.1843$ ). Sin embargo, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tercio medio ( $p=0.0014$ ). El grupo tratado con láser de Er,Cr:YSGG presenta valores de limpieza muy superiores al láser de Nd:YAG, presentando superficies dentinarias con túbulos abiertos y muy pocos restos de Smear Layer (Tabla 17).

Se adjuntan imágenes de una muestra del grupo 2 (Láser de Nd:YAG, con un valor 3 en la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, con un valor 1 en la escala de Hülsmann) en tercio medio a x500 aumentos (Figura 40).

	Grupo 2 (Láser de Nd:YAG)		Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X1000	0	0 %	0	8,3 %	p = 0.1843
	1	0 %	1	25 %	
	2	33,3 %	2	25 %	
	3	66,7 %	3	41,7 %	
MEDIO x1000	0	0 %	0	16,7 %	p = 0.0014
	1	0 %	1	58,3 %	
	2	25 %	2	16,7 %	
	3	75 %	3	8,3 %	

**Tabla 17** Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 2 (Láser de Nd:YAG) con el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento.

Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.



**Figura 40** Imágenes de dos muestras del grupo 2 (Láser de Nd:YAG, valor 3 de la escala de Hülsmann) y el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG, valor 1 de la escala de Hülsmann) en tercio medio a x1000 aumentos

**Grupo 4** (Láser de Er,Cr:YSGG) **vs Grupo 5** (EDTA 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)

Al comparar el grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la remoción de Smear Layer a nivel apical ( $p=0.3195$ ), ni tampoco en el tercio medio ( $p=0.1925$ ). El grupo tratado con EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG presentaba valores más limpios que el grupo tratado sólo con Láser de Er,Cr:YSGG (Tabla 18).

	Grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG)		Grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG)		
APICAL X1000	0	8,3 %	0	33,3 %	p = 0.3195
	1	25 %	1	22,3 %	
	2	25 %	2	33,3 %	
	3	41,7 %	3	11,1 %	
MEDIO x1000	0	16,7 %	0	55,6 %	p = 0.1925
	1	58,3 %	1	22,2 %	
	2	16,7 %	2	22,2 %	
	3	8,3 %	3	0 %	

**Tabla 18** Análisis de Smear Layer en tercios apical y medio comparando grupo 4 (Láser de Er,Cr:YSGG) con el grupo 5 (EDTA al 17% y Láser de Er,Cr:YSGG) a x1000 de aumento. Los resultados se expresan en porcentaje de muestras que presentan cada valor en la escala de Hülsmann.

## V. DISCUSIÓN





La eliminación del barrillo dentinario ha sido estudiado por varios autores, ya que se sabe que su presencia en las paredes dentinarias afecta al sellado del sistema radicular de conductos.

El material y método de este estudio recoge una muestra de dientes unirradiculares, que permiten una estandarización sencilla de las muestras. Éstas fueron conservadas en formol al 10% antes de su preparación y posteriormente, en agua destilada (ULUSOY 2011).

El estudio de Khademi y cols., refiere que un calibre apical 30 es suficiente para que los irrigantes lleguen a la zona final del conducto (KHADEMI 2006), pero el diámetro de la fibra del láser de Nd:YAG es de 300 micras, por lo que se requirió realizar una instrumentación mayor. En este estudio, se utilizó un calibre apical de 40.04, siguiendo las recomendaciones de varios estudios quienes utilizaron un calibre 40 para la preparación de dientes unirradiculares (ULUSOY 2011, KEREKES 1977, BARBIZAM 2002, WU 1995, USMAN 2004, BALLAL 2009). De esta forma, a 1 mm menos de la longitud de trabajo, se obtuvo un diámetro de 44, lo que permite el acceso y un correcto movimiento de la fibra en el interior del conducto.

La microscopía electrónica de barrido, se utiliza de forma común para identificar el debris orgánico e inorgánico y el Smear Layer presentes en las paredes del conducto tras la preparación endodóntica, permitiendo obtener imágenes detalladas con una mayor magnificación de los túbulos dentinarios (OLIVI 2013). Por otro lado, son múltiples las clasificaciones para el análisis de las imágenes al microscopio electrónico de barrido. En nuestro estudio, seguimos la clasificación de Hülsmann (HÜLSMANN 1997), por ser de las más estudiadas y sencillas, pero existen otros tipos de

clasificaciones como las de Peeters & Suardita (PEETERS & SUARDITA 2011), que utiliza una clasificación en 5 valores.

## 1. LÁSER Nd:YAG

Respecto a la utilización del láser, Dederich y cols. fueron los primeros en estudiar los efectos del láser de Nd:YAG en la permeabilidad dentinaria observando que el láser dejaba una superficie derretida, vidriosa y no porosa (DEDERICH 1988). Otros autores, han referido que esta fusión de la dentina en la pared del conducto producía un mejor sellado de los túbulos dentinarios, que aparecían cerrados (TEWFIK 1993, LEVY 1992, STABHOLZ 1992, MISERENDINO 1995). Goodis y cols. en su estudio, encontraron que tras aplicar el láser en combinación con la instrumentación manual de los conductos, se apreciaba una pérdida del barrillo dentinario (GOODIS 1993).

Respecto a la eliminación del barrillo dentinario, han sido varios los autores que han comparado las soluciones quelantes con el láser de Nd:YAG. Hasheminia et al. en su estudio, comparaban Ácido Maleico al 5%, EDTA al 17% y Nd:YAG, concluyendo que el Nd:YAG removía menos barrillo dentinario que las otras dos soluciones de forma significativa. Esta remoción, era mayor en el tercio coronal, seguido de tercio medio y tercio apical (HASHEMINIA 2012).

Kalyoncuoglu y cols. compararon la utilización de tres sustancias irrigantes (hipoclorito sódico al 5,25%, EDTA al 17% y MTAD) con dos tipos de láser (Er:YAG y Nd:YAG). En dicho estudio utilizaban los mismos parámetros que el presente estudio en el uso del láser de Nd:YAG (1 W, 15 Hz, 100 mJ) y confirmaban que en el grupo tratado con láser de Nd:YAG, las muestras presentaban gran cantidad de Smear Layer en las paredes dentinarias, así como confirman que la limpieza del tercio apical es la más difícil de obtener (KALYONCUOGLU 2013).

Takeda y cols. demostraron en su estudio que el láser de Nd:YAG removía un 20% de barrillo dentinario (TAKEDA 1998). Gurbuz y cols., en su estudio, comparaban el láser de Nd:YAG con varias soluciones irrigantes

(solución salina, hipoclorito sódico al 5,25%, agua oxigenada al 3%, EDTA al 15% y clorhexidina al 2%) y concluyeron que el láser de Nd:YAG y el EDTA al 15% eran los más efectivos en cuanto a la limpieza, sin diferencias estadísticamente significativas (GURBUZ 2008).

Por tanto, los resultados del presente estudio coinciden con los obtenidos en los estudios de Zhang, Barbakow, y Kivanç, los cuales demostraron que el láser de Nd:YAG no es efectivo en la remoción del barrillo dentinario al ser comparado con el EDTA (ZHANG 1998, BARBAKOW 1999, KIVANÇ 2008). Todo esto también coincide con el estudio de Hasheminia y cols. (HASHEMINIA 2012). En el presente estudio, concluimos que el láser de Nd:YAG no es efectivo, independientemente de las comparaciones.

También se ha discutido que este efecto puede depender de los parámetros utilizados al pasar el láser. Takeda y cols. utilizaron una potencia de 2 W, una frecuencia de 20 Hz y 200 mJ de energía (TAKEDA 1998) y Hasheminia y cols. utilizaron una potencia de 2 W, una frecuencia de 15 Hz y 120 mJ de energía (HASHEMINIA 2012). En este estudio, se ha seguido el protocolo descrito por Gutknecht y Behrens, ya que es el más utilizado en la bibliografía revisada (GUTKNECHT 1991). Los parámetros utilizados fueron: 1.5 W de potencia, una frecuencia de 15 Hz y 100 mJ de energía.

Así mismo, al utilizar solo láser y las sustancias quelantes con láser, el láser siempre producía una menor eliminación de barrillo dentinario, por lo que se piensa que dicha reducción puede deberse al efecto del agente quelante exclusivamente. En el presente estudio, cuando utilizamos EDTA, ninguna muestra presentó valores 0 (superficies completamente limpias), pero siempre presentaba mayor limpieza en apical (tanto en el análisis de debris como de Smear Layer) y en el tercio medio en el análisis de debris (en el análisis de Smear Layer las diferencias no han sido tan notorias).

Siempre que se realice un tratamiento con láser, es importante evitar el daño térmico que éste pudiera producir en la superficie radicular y en los tejidos periodontales circundantes, debido a la poca absorción del láser de Nd:YAG por el agua. Farges y cols. (FARGES 1998) encontraron un aumento de la temperatura con el láser de Nd:YAG de 7.2°C, de acuerdo con Flowaczny (FLOWACZNY 2002), quienes consideraban este aumento de

temperatura como un efecto indeseable del láser de Nd:YAG. Eriksson y cols. demostraron en su estudio que no se debe aumentar la temperatura en la superficie radicular más de diez grados sobre la temperatura corporal más de un minuto (ERIKSSON 1983).

Por esto, cuando se utiliza la fibra del láser dentro del conducto, es importante realizar movimientos helicoidales constantemente y hacer descansos de 20 segundos entre cada ciclo (GUTKNECHT 1996).

Además, es importante que el tratamiento de conductos se realice con el conducto lleno de irrigante (soluciones quelantes, como EDTA al 17% y ácido cítrico, o hipoclorito sódico en su defecto), para reducir los efectos térmicos indeseables (GURBUZ 2008, BENEDICENTI 2008, MOURA-NETTO 2008, FARIA 2008, ALFREDO 2009).

Por tanto, no es posible comparar el láser con las soluciones quelantes, ya que éstas tienen habilidad para disolver el barrillo dentinario, pero la acción del láser funde, vaporiza y recristaliza el barrillo dentinario pero no lo elimina, dejando los túbulos cerrados. Esto ha sido demostrado por autores como Moura-Netto y cols., donde encontraron que el láser de Nd:YAG fusionaba y resolidificaba la superficie dentinaria, con una remoción parcial de los detritus (MOURA-NETTO 2008).

De este modo, se considera el láser como un complemento en el tratamiento de conductos, utilizándolo tras el protocolo de irrigación, y consiguiendo así un sellado hermético del sistema de conductos radicular. Sería necesario valorar si las bacterias que pudieran quedar en los túbulos hacia el periodonto pudieran provocar un fracaso del tratamiento endodóntico.

## **2. LÁSER Er,Cr:YSGG**

La eliminación del Smear Layer ha sido estudiado por varios autores, ya que sabemos que su presencia en las paredes dentinarias afecta al sellado del sistema radicular de conductos.

La incorporación del láser en endodoncia, supone un nuevo enfoque ya que produce unos cambios morfológicos en la superficie radicular, produciendo una eliminación de debris y Smear Layer que permite una apertura de los túbulos dentinarios, aumentando así la permeabilidad dentinaria (SCHOOP 2007, SCHOOP 2004, KIMURA 2000, ARANHA 2005).

La utilización de las puntas RFT cónicas hacen que la energía sea transportada en varias direcciones, permitiendo una remoción más homogénea de debris y Smear Layer, comparado con las fibras convencionales cilíndricas (SCHOOP 2009).

En este estudio, se ha buscado comprobar el efecto que produce el láser de Er,Cr:YSGG en la pared dentinaria mediante Microscopía Electrónica de Barrido, en cuanto a la eliminación de debris y Smear Layer, al ser utilizado sólo o en combinación con una sustancia quelante (EDTA al 17%). Estudios como el de Ali y cols. (ALI 2005), en sus resultados obtuvieron que a 2 W, las paredes no mostraban restos de debris ni Smear Layer en los tercios apical y coronal, pero sí encontraron algunos restos en el tercio medio (zona donde la fibra hace más contacto con las paredes y puede haber producido una fusión dentinaria de la pared).

En el presente estudio, al comparar la utilización del EDTA al 17% con el láser de Er,Cr:YSGG, los resultados del láser de Er,Cr:YSGG fueron siempre superiores a los valores de limpieza que presentaban las muestras tratadas con EDTA al 17%, siendo éstas diferencias estadísticamente significativas en el tercio medio, en el análisis de debris y Smear Layer. Estos resultados coinciden con autores como Biella-Silva y cols. (BIELLA-SILVA 2010), que estudiaron los tercios apical, medio y coronal del conducto y al utilizar potencias de 1.75 W y 2.5 W, encontraron superficies libres de Smear Layer y túbulos dentinarios abiertos, pero solo encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tercio apical a 2.5 W, siendo el grado de limpieza mayor para el grupo que combinaba EDTA al 17% y láser de Er,Cr:YSGG. Esta diferencia puede deberse a que en su estudio utilizaron una fibra de 400 micras de diámetro y las muestras se instrumentaron a un

calibre 60, por lo que la fibra tenía más espacio para moverse. George y cols. (GEORGE 2008), en su estudio consiguieron un grado de remoción de Smear Layer en todos los grupos donde se utilizó el láser, al igual que De Moor y cols. (DE MOOR 2010), que encontraron eliminación de Smear Layer por generación de “shock-waves”, con resultados comparables a la activación ultrasónica pasiva.

Otros autores han concluido que la utilización del láser de Er,Cr:YSGG con agua es efectivo para eliminar debris y Smear Layer, pero estos estudios no especifican los tercios a estudio, ni estudian si existen diferencias entre la utilización de quelantes o láser, solo muestran los cambios morfológicos que se producen durante el tratamiento con láser a parámetros muy dispares (YAMAKAZI 2001, ISHIZAKI 2004, MATSUOKA 2005).

Respecto a la combinación de las sustancias quelantes (EDTA al 17% en este caso) con el láser de Er,Cr:YSGG, en el presente estudio al comparar el grupo tratado sólo con EDTA al 17% y el grupo tratado con EDTA al 17% y láser de Er,Cr:YSGG, éste último presentaba valores mayores de limpieza. Al comparar el grupo que solo fue irradiado con el láser de Er,Cr:YSGG y el grupo tratado con EDTA 17% y láser de Er,Cr:YSGG, éste último presenta una limpieza superior pero de una forma menos notoria. Las diferencias fueron estadísticamente significativas en el análisis de debris y Smear Layer en el tercio medio. Existen varios artículos donde combinan la activación de EDTA al 17% con láser de Er,Cr:YSGG, pero con parámetros diferentes a los utilizados en este estudio. En el estudio de Peeters y cols. (PEETERS 2011), comparan la activación del EDTA al 17% con preparaciones de 30.02 y 20.02 durante 30 o 60 segundos, colocando una punta de 600 micras en la cámara pulpar, a unos parámetros de 1 W y 35 Hz, demostrando que con una preparación de 30.02 y aplicando el láser 60 segundos, se obtienen superficies libres de Smear Layer. Estudios más recientes como el de Wang y cols. (WANG 2017), utilizando láser de Er,Cr:YSGG a 1.25 W y 50 Hz con las puntas RFT en muestras preparadas a un calibre 35.04, obtenían niveles de limpieza total en tercios coronal y medio, y superficies parcialmente limpias en el tercio apical.

Por tanto, se puede aceptar la hipótesis de que el láser de Er,Cr:YSGG causa una ablación del tejido mineralizado y produce una exposición de los túbulos dentinarios y remoción del Smear Layer (HOSSAIN 1999, KIMURA 2001). El mecanismo de acción del láser de Er,Cr:YSGG se basa en la expansión e implosión de la burbuja de vapor con un efecto de cavitación secundaria, que induce el movimiento de este fluido a una gran velocidad en el interior del conducto (BLANKEN 2007). Esto hace que se cree un efecto combinado, por un lado por parte del láser y por otro lado por la activación de las sustancias quelantes, coincidiendo con los resultados de nuestro estudio. La literatura científica es capaz de justificar el efecto hidroquinético como un mecanismo viable de ablación láser (RIZOIU 1994, RIZOIU 1996).

La parte apical del conducto sigue siendo la zona donde el acceso es más complejo, y a pesar de que los resultados han seguido siendo favorables para el láser de Er,Cr:YSGG, en esta zona las diferencias no han sido estadísticamente significativas. En el estudio de Bolhari y cols. (BOLHARI 2014), también comparaban la utilización del láser de Er,Cr:YSGG a 1.5 W y 20 Hz, en preparaciones de conicidad 35.04, comparando EDTA al 17% con láser en los tres tercios del conducto, obteniendo una mayor dificultad para limpieza del tercio apical al igual que en nuestro estudio. El difícil acceso a la zona apical puede deberse, en parte, al efecto del Vapor Lock, que se produce cuando intentamos llevar el irrigante a la zona apical con una aguja, sobre todo en conductos estrechos. El diente se encuentra rodeado de hueso y ligamento periodontal, simulando un sistema cerrado, por lo que la irrigación puede crear un espacio vacío en el tercio apical, acumulándose esta burbuja de aire que impide un correcto intercambio de irrigantes en el tercio apical (TAY 2010). Algunos estudios ya investigan el efecto de cavitación del láser de Er,Cr:YSGG a parámetros subablativos, resultando en la formación de burbujas de gran tamaño que causan una expansión del volumen original, consiguiendo una mayor limpieza en la zona apical (MIR 2009).

El aumento de temperatura es uno de los hándicaps del tratamiento con láser, que se debe evitar utilizando parámetros que cumplan la finalidad del tratamiento pero que sean seguros. Eriksson y cols. demostraron en su estudio que no se debe aumentar la temperatura

en la superficie radicular más de diez grados sobre la temperatura corporal más de un minuto (ERIKSSON 1983). Son muchos los autores que han demostrado que el tratamiento láser con el láser de Er,Cr:YSGG es seguro para los tejidos perirradiculares y que no causa daño térmico. Estos autores sólo encontraron un aumento de temperatura de 8°C, como Ishizaki (ISHIZAKI 2004) utilizando el láser a 5 W de potencia y Yamakazi (YAMAKAZI 2001) utilizando el láser a 6 W de potencia. Estudios más recientes, como los de Haidary (HAIDARY 2016), encontraron aumentos de temperatura de 3°C al utilizar el láser de Er,Cr:YSGG junto con el láser de diodo a una potencia de 2 W con las puntas RFT. El hecho de utilizar puntas cónicas junto con los movimientos helicoidales de la misma dentro del conducto, evitan un aumento de temperatura ya que el contacto de la punta con las paredes del conducto es menor (SILVA 2010, ÖZER 2013). Todo esto concuerda con los requisitos propuestos por Eriksson (ERIKSSON 1983) y respaldan la utilización de nuestros parámetros, a una potencia de 1.25 W obteniendo un tratamiento seguro.

Respecto a la utilización de agua durante el tratamiento, la mayoría de los estudios apoyan su uso para evitar efectos indeseables. Hallazgos morfológicos de estudios donde no se utiliza agua durante la irradiación, muestran una carbonización del esmalte y la dentina, asociado a una estructura irregular y microperforaciones (YAMAKAZI 2001, SCHOOP 2007, KIMURA 2001). Estudios donde utilizan agua durante la utilización del láser, aseguran que juega un papel importante en la ablación de tejidos duros durante el tratamiento de conductos (YAMAKAZI 2001), ya que evita el aumento de temperatura y también aumenta la eficacia de corte (HOSSAIN 1999, YAMAKAZI 2001, EVERSOLE 1997), debido a que la dentina contiene alrededor de un 20% de contenido en agua, y la principal interacción del láser de Er,Cr:YSGG es debido a su elevado coeficiente de absorción de la energía láser por las moléculas de agua. Como resultado de su alta afinidad por los iones hidróxido de las moléculas de agua, esta longitud de onda abla la dentina intertubular más que la peritubular, debido al bajo contenido mineral, sin presenciarse cracks ni fusión dentinaria (SCHOOP 2009). Por otro lado, este spray de agua es un factor importante en el efecto de cavitación producido por el láser de Er,Cr:YSGG y su efecto en la remoción de debris y Smear Layer (DE MOOR 2009, YAMAKAZI 2001).



Es fundamental alcanzar un consenso respecto a los parámetros a los que el láser es utilizado e la práctica clínica diaria, tanto en longitud de onda como en dosis, para que el tratamiento sea seguro y eficaz.



## **VI. CONCLUSIONES**



## **1. LÁSER Nd:YAG**

En cuanto a la remoción de debris y barrillo dentinario, el láser de Nd:YAG no es eficaz a la hora de eliminar el barrillo dentinario, ya que no produce un efecto químico en la dentina, sino un efecto físico de fusión dentinaria.

La combinación del láser de Nd:YAG con EDTA al 17% no mejora la limpieza de la superficie dentinaria en cuanto a debris ni Smear Layer.

## **2. LÁSER Er,Cr:YSGG**

En cuanto a la remoción de debris y barrillo dentinario, el láser de Er,Cr:YSGG sí es eficaz a la hora de eliminar el barrillo dentinario. En cuanto al grado de limpieza en el tercio medio, el láser de Er,Cr:YSGG presentó una mayor limpieza con diferencias estadísticamente significativas respecto al EDTA al 17% (sólo o en combinación con el láser de Er,Cr:YSGG) y al láser de Nd:YAG, tanto en el análisis de debris como de Smear Layer.

Respecto a la combinación del láser de Er,Cr:YSGG y EDTA al 17%, esta combinación resulta en superficies más limpias en el tercio medio, al ser comparadas con el EDTA al 17%, con diferencias estadísticamente significativas tanto en el análisis de debris como de Smear Layer.



## **VII. BIBLIOGRAFÍA**





**Adrián JC, Bernier JL, Sprague WG.** Laser and the dental pulp. *Am Dental Assoc* 1971;83:117.

**Adrián JC.** Pulp effects of neodymium laser. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977;44:301-305.

**Alfredo E, Souza-Gabriel AE, Silva SR, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT.** Morphological alterations of radicular dentine pretreated with different irrigating solutions and irradiated with 980-nm diode laser. *Microsc Res Tech* 2009;72:22-27.

**Ali MN, Hossain M, Nakamura Y, Matsuoka E, Kinoshita J-I, Matsumoto K.** Efficacy of root canal preparation by Er,Cr:YSGG laser irradiation with crown-down technique in vitro. *Photomed Laser Surg* 2005;23:196-201.

**Aranha AC, Domingues FB, Franco VO, Gutknecht N, de Paula Eduardo C.** Effects of Er:YAG y Nd:YAG lasers in dentin permeability in root surfaces: A preliminary in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2005;23:504-508.

**Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S.** Comparison of the Efficacy of Maleic Acid and Ethylenediaminetetraacetic Acid in Smear Layer Removal from Instrumented Human Root Canal: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod* 2009;35:1573-1576.

**Barbakow F, Peters O, Havranek.** Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study. *Quintessence Int* 1999;30:837-845.

**Barbizam JV, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD.** Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod* 2002;28:365-336.

**Baumgartner JC, Mader CL.** A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigating regimens. *J Endod* 1987;13:147-157.

**Benedicenti S, Cassanelli C, Signore A, Ravera G, Angiero F.** Decontamination of root canals with the gallium-aluminum-arsenide laser: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2008;26:367-370.

**Biella-Silva AC, Guglielmi C, Meneguzzo DT, Aranha AC, Bombana AC, de Paula Eduardo C.** Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 2010;28:103-108.

**Blanken JM, Verdaasdonk RM, Meire M.** Cavitation as a working mechanism of the Er,Cr:YSGG laser in endodontics: A visualization study. *J Oral Laser Appli* 2007;7:97-106.

**Blanken J, De Moor RJG, Meire M, Verdaasdonk R.** Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal: part 1—a visualization study. *Lasers Surg Med* 2009;41:514-519.

**Bolhari B, Ehsani S, Etemadi A, Shafaq M, Nosrat A.** Efficacy of Er,Cr:YSGG laser in removing smear layer and debris with two different output powers. *Photomed Laser Surg* 2014;32:527-532.

**Calt S, Serper A.** Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod* 2002;28:17-19.

**Clarkson RM, Moule AJ, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, Rowell J.** Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J* 2006;51:245-251.

**Costerton JW, Lewandowski Z, DeBeer D, Caldwell D, Korber D, James G.** Biofilms, the customized microniche. *J Bacteriol* 1994;176:2137-2142.

**Dakin HD.** On the use of certain antiseptic substances in treatment of infected wounds. *BMJ* 1915;2:318-320.

**Daniell MD, Hill JS.** A history of photodynamic therapy. *Aust N Z J Surg* 1991;6:340-348.

**Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J.** Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod* 1984;10:428-431.

**Dederich D, Zakarisen K, Tulip J.** An in vitro quantitative analysis of changes in root canal wall dentin due to pulsed neodymium-yttrium-aluminium-garnet laser irradiation. *Laser Life Sci* 1988;2:39-51.

**De Moor RJG, Torbeyns D, Meire M.** Lasers in endodontics: part 2—root canal wall cleanliness and modification. *ENDO* 2009;3:19-33.

**De Moor RJ, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R.** Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med* 2009;41:520-523.

**De Moor R, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J.** Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod* 2010;36:1580-1583.

**Desai P, Himel V.** Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod* 2009;35:545-549.

**DiVito EE, Colonna MP, Olivi G.** The photoacoustic efficacy of an Er:YAG laser with radial and stripped tips on root canal dentin walls: An SEM evaluation. *J Laser Dent* 2011;19:156-161.

**Einstein A.** Zür quantentheorie der strahlung. On the quantum theory of radiation. *Physiol Z* 1917;18:121-128.

**Eriksson AR, Albrektsson T.** Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent* 1983;50:101-107.

**Eversole LR, Rizioiu IM, Kimmel AI.** Pulpal responses to cavity preparation by an erbium,chromium:YSGG laser powered hydrokinetic system. J Am Dent Assoc 1997;128:1099-1106.

**Farges P, Nahas P, Bonin P.** In vitro study of a Nd:YAG laser in endodontic retreatment. J Endodon 1998;24:359-363.

**Faria MI, Souza-Gabriel AE, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT.** Ultrastructural evaluation of radicular dentin after Nd:YAG laser irradiation combined with different chemical substances. Gen Dent 2008;56:641-646.

**Folwaczny M, Mehl A, Jordan C, Hickel R.** Antibacterial effects of pulsed Nd:YAG laser radiation at different energy settings in root canals. J Endod 2002;28:24-29.

**Galvan DA, Ciarlone AE, Pashley DH, Kulild JC, Primarck, Simpson MD.** Effect of Smear Layer removal on the diffusion permeability of human roots. J Endod 1994;20:83-86.

**George R, Meyers IA, Walsh LJ.** Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. J Endod 2008;34:1524-1527.

**Goldberg DB, Abramovich A.** Analysis of the effects of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. J Endod 1977;3:101-105.

**Goldman L, Gray JA, Goldman J, Goldman B, Meyer R.** Effect of the laser beam impacts on teeth. J Am Dent Assoc 1965;70:601-606.

**Goodis H, White J, Marshall S.** Scanning electron microscope examination of intracanal wall dentin: hand versus laser treatment. Scanning Microsc 1993;7:979-987.

**Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng YL.** Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. Endodontic Topics 2005;10:103-122.

**Gurbuz T, Ozdemir Y, Kara N, Zehir C, Kurudirek M.** Evaluation of root canal dentine after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. *J Endod* 2008;34:318-321.

**Gutknecht N, Behrens V.** Instrumentation of root canal walls with Nd:YAG laser. *ZWR* 1991;100:748-755.

**Gutknecht N, Kaiser F, Hassan A, Lampert F.** Long-term clinical evaluation of endodontically treated teeth by Nd:YAG lasers. *J Clin Med Surg* 1996;14:7-11.

**Haapasalo M, Ranta K, Ranta H.** Facultative Gram-negative enteric rods in persistent periapical infections. *Acta Odontol Scand* 1983;91:458-463.

**Haapasalo M, Ørstavik D.** In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987;66:1375-1379.

**Haidary D, Franzen R, Gutknecht N.** Root Surface Temperature Changes During Root Canal Laser Irradiation with Dual Wavelength Laser (940 and 2780 nm): A Preliminary Study. *Photomed Laser Surg* 2016;34:336-344.

**Hasheminia SM, Birang R, Feizianfard M, Nasouri M.** A comparative study of the removal of Smear Layer by two endodontic irrigants and Nd:YAG laser: A scanning Electron Microscopic Study. *ISRN Dent* 2012:1-7.

**Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kimura Y, Matsumoto N, Matsumoto K.** Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies. *J Clin Laser Med Surg* 1999;17:155-159.

**Huang TY, Gulabivala K, Ng YL.** A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J* 2008;41:60-71.

**Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F.** Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments. A comparative SEM. *J Endod* 1997;23:301-306.

**Hülsmann M, Hahn W.** Complications during root canal irrigation: literature review and case reports. *Int Endod J* 2000;33:186-193.

**Ishizaki NT, Matsumoto K, Kimura Y, Wang X, Kinoshita JI, Okano SM, Jayawardena A.** Thermographical and morphological studies of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomed Laser Surg* 2004;22:291-297.

**Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RT.** The effects of surgical exposures of dental pulps in germ free and conventional laboratory rats. *Oral Surg* 1965;20:340-344.

**Kalyoncuoglu E, Demiryürek EÖ.** A comparative scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal from teeth with different irrigation solutions and lasers. *Microsc Microanal* 2013;19:1465-1469.

**Kerekes K, Tronstad L.** Morphometric observations on the root canals of human molars. *J Endod* 1977;3:114-118.

**Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M.** Determination of the Minimum Instrumentation Size for Penetration of Irrigants to the Apical Third of Root Canal Systems. *J Endod* 2006;32:417-420.

**Khedmat S, Shokouhinejad N.** Comparison of the Efficacy of Three Chelating Agents in Smear Layer Removal. *J Endod* 2008;34:599-602.

**Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K.** Laser in endodontics: a review. *Int Endod J* 2000;33:173-185.

**Kimura Y, Yu DG, Kinoshita JI, Hossain M, Yokoyama K, Murakami Y, Nomura K, Takamura R, Matsumoto K.** Effects of Erbium,Chromium:YSGG laser irradiation on root surfaces: morphological and atomic analytical studies. *J Clin Laser Med Surg* 2001;19:69-72.

**Kivanç BH, Ulusoy OIA, Görgül G.** Effects of Er:YAG laser and Nd:YAG laser treatment on the root canal dentin of human teeth: a SEM study. *Lasers Med Sci* 2008;23:247-252.

**Levy G.** Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J Endod* 1992;18:123-127.

**Li ZZ, Code JE, Van der Merwe P.** Er:YAG laser ablation on enamel oral dentine of human teeth: determination of ablation rates at various fluences and pulse repetition rates. *Lasers Surg Med* 1992;12:625-630.

**Li Dongxia, Jiang Shan, Yin Xingzhe, Chang Jeffrey Wen Wei, Ke Ji, Zhang Chengfei.** Efficacy of needle, ultrasonic and Endoactivator irrigation and Photon-Induced Photoacoustic Streaming in removing calcium Hydroxide from the main Canal and Isthmus: an in vitro micro-computed tomography and Scanning Electron Microscopic Study. *Photomed Laser Surg* 2015;33:330-337.

**Lobene RR, Fine S.** Interaction of carbon dioxide laser radiation with oral hard tissues. *J Prosthet Dent* 1966;16:589.

**Lobene RR, Bhussry BR, Fine S.** Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin. *J Dent Res* 1968;47:311-317.

**Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD.** Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 1984;10:477-483.

**Maiman TH.** Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* 1960;187:493-494.

**Matsuoka E, Jayawardena JA, Matsumoto K.** Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Surg* 2005;23:480-484.

**McComb D, Smith DC.** A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1:238-242.

**Mir M, Gutknecht N, Poprawe R, Vanweersch L, Lampert F.** Visualising the procedures in the influence of water on the ablation of dental hard tissue with erbium : yttrium-aluminium-garnet and erbium,chromium : yttrium-scandium-gallium-garnet laser pulses. *Lasers Med Sci* 2009;24:365-374.

**Miserendino LJ, Levy GC, Rizioiu IM.** Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *J Endod* 1995;21:83-87.

**Mohammadi Z.** Laser application in endodontics: an update review. *Int Dent J* 2009;59:35-46.

**Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG.** Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 1976;2:261-266.

**Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A.** Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79:221-225.

**Moura-Netto C, de Moura AAM, Davidowicz H, Aun CE, Antonio MPS.** Morphologic changes and removal of debris on apical dentin surfaces after Nd:YAG laser and diode laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 2008;26:263-266.

**Myers TD.** The future of lasers in dentistry. *Dent Clin North Am* 2000;44:971-980.

**Naenni N, Thoma K, Zehnder M.** Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod* 2004;30:785-787.

**Nielsen BA, Baumgartner CJ.** Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod* 2007;33:611-615.

**Nygaard Östby B.** Chelation in root canal therapy. *Odontol Tidskr* 1957;65:3-11.

**O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC.** A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod* 2000;26:739-743.

**Olivi G.** Laser use in endodontics: evolution from direct laser irradiation to laser-activated irrigation. *J Laser Dent* 2013;21:58-71.



**Ørstavik D, Haapasalo M.** Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:142-149.

**Özer SY, Basaran E.** Evaluation of micro leakage of root canal fillings irradiated with different output powers of erbium, chromium:yttrium-scandiumgallium-garnet laser. *Aust Endod J* 2013;39:8-14.

**Pashley DH.** Smear Layer: physiological considerations. *Oper Dent* 1984;3:238-242.

**Pashley DH.** Smear Layer: Overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc* 1992;88:215-224.

**Peeters HH, Suardita K.** Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *J Endod* 2011;37:1585-1589.

**Peters OA.** Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559-567.

**Pitt WG.** Removal of oral biofilm by sonic phenomena. *Am J Dent* 2005;18:345-352.

**Ram Z.** Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977;44:306-312.

**Richman MJ.** The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Med* 1957;12:12-18.

**Rizoiu IM, Deshazer LG.** New laser-matter interaction concept to enhance hard tissue cutting efficiency. *SPIE Proc* 1994;2134A:309-317.

**Rizoiu IM, Kimmel AL, Eversole LR.** The effects of an Er,Cr:YSGG laser on canine oral tissues. *Laser applications in medicine and dentistry. Proc SPIE* 1996;2922:74-83.

**Ruddle CJ.** Endodontic disinfection: tsunami irrigation. *Endod Practice* 2008;Feb:7-15.

**Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW.** A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod* 2003;29:674-678.

**Schoeffel GJ.** The EndoVac method of endodontic irrigation: part 2—efficacy. *Dent Today* 2008;27:82,84,86-87.

**Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelik N, Georgopoulos A, Sperr W.** Bactericidal effect of different laser systems in the deep layer of dentin. *Lasers Surg Med* 2004;35:111-116.

**Schoop U, Goharkhay K, Klimscha J, Zagler M, Wernisch J, Georgopoulos A, Sperr W, Moritz A.** The use of the erbium,chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in endodontic treatment: the results of an in vitro study. *J Am Dent Assoc* 2007;138:949-955.

**Schoop U, Barylak A, Goharkhay K, Beers F, Wernisch J, Georgopoulos A, Sperr W, Moritz A.** The impact of an erbium,chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers Med Sci* 2009;24:59-65.

**Serebro L, Segal T, Nordenberg D, Gorfil C, Bar-Lev M.** Examination of tooth pulp following laser beam irradiation. *Lasers Surg Med* 1987;7:236-239.

**Silva AC, Guglielmi C, Meneguzzo DT, Aranha AC, Bombana AC, de Paula Eduardo C.** Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er, Cr: YSGG laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 2010;28:103-108.

**Siqueira JF Jr, Rocas IN.** Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008;34:1291-1301.

**Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M.** The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 2005;31:669-671.

**Stabholz A, Khayat A, Ravanshad SH, McCarthy DW, Neev J, Torabinejad M.** Effects of Nd:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J Endod* 1992;18:371-375.

**Stabholz A, Zeltser R, Sela M, Peretz B, Moshonov J, Ziskind D, Stabholz A.** The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent* 2003;24:935-949.

**Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J.** Laser in endodontics. *Dent Clin North Am* 2004;48:809-832.

**Stern RH, Sognnaes RF.** Laser beam effect on dental hard tissues. *J Dent Res* 1964;43:873.

**Stern RH, Sognnaes RF.** Laser inhibition of dental caries suggested by first tests in vitro. *J Am Dent Assoc* 1972;85:1087-1090.

**Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M.** Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod* 2010;36:1558-1562.

**Sulewski JG.** Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am* 2000;44:717-752.

**Sundqvist G.** Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:522-530.

**Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K.** Comparative study about the removal of Smear Layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg* 1998;16:117-122.

**Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K.** A comparative study of the removal of Smear Layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J* 1999;32:32-39.

**Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun SN, Kim J, Looney SW, Pashley DH.** Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod* 2010; 36:745-750.

**Tewfik HM, Pahley DH, Horner JA, Sharawy MM.** Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. *J Endod* 1993;19:492-497.

**Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK.** Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94:658-666.

**Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S.** A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod* 2003;29:170-175.

**Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P.** Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:69-76.

**Ulusoy OIA, Görgül G.** Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Austr Endod J* 2011;1-7.

**Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG.** Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod* 2004;30:110-112.

**Vahl J.** Electron microscopical and X-ray crystallographic investigations of teeth exposed to lasers rays. *Caries Res* 1968;2:10-18.

**Von der Fehr FR, Nygaard-Ostby B.** Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963;16:199-205.

**Waltimo TM, Sirén EK, Torkko HL, Olsen I, Haapasalo MP.** Fungi in therapy-resistant apical periodontitis. *Int Endod J* 1997;30:96-101.

**Weller RN, Brady JM, Bernier WE.** Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod* 1980;6:740-743.

**Widgor HA, Walsh JT, Featherstone JDB, Visuri SR, Fried D, Waldvogel JL.** Lasers in dentistry. *Lasers Surg Med* 1995;16:103-133.

**Wang X, Cheng X, Liu B, Liu X, Yu Q, He W.** Effect of Laser-Activated Irrigations on Smear Layer Removal from the Root Canal Wall. *Photomed Laser Surg* 2017;35:688-694.

**Wong R.** Conventional endodontic failure and retreatment. *Dent Clin North Am* 2004;48:265-289.

**Wu MK, Wesselink PR.** Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 1995;79:492-449.

**Yamakazi R, Goya C, Yu D-G.** Effects of Erbium,Chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: A scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod* 2001;27:9-12.

**Yamamoto H, Ooya K.** Potential of yttrium-aluminum-garnet laser in caries prevention. *J Oral Pathol* 1974;3:7-15.

**Yamamoto H, Ooya K, Matsuda K, Okabe H.** YAG laser effects for acid resistance on tooth enamel (abstract 7). *J Dent Res* 1974;53:1093.

**Yamamoto H, Sato K.** Prevention of dental caries by acousto-optically Q-switched Nd:YAG laser irradiation. *J Dent Res* 1980;59:137.

**Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T.** Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod* 2005;31:817-820.

**Zehnder M.** Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32:389-398.

**Zhang C, Kimura Y, Matsumoto K, Harashima T, Zhou H.** Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation in root canal wall dentin with different laser initiators. *J Endod* 1998;24:352-335.



## VIII. ANEXOS





- I. Artículo “Effectiveness of Nd:YAG Laser on the elimination of debris and Smear Layer. A comparative study with two different irrigation solution:EDTA and QMix® in addition to NaOCl”. J Clin Exp Dent. 2018;10(1):e70-e74.
- II. Artículo “Comparative study of debris and smear layer removal with EDTA and Er,Cr:YSGG laser”. J Clin Exp Dent. 2018 Jun10(6):e598-e602.
- III. Comunicación oral en el XXXIV Congreso de la Asociación Española de Endodoncia y XIII Congreso de la Asociación Iberoamericana de Endodoncia. Madrid, Noviembre 2013.



Journal section: Operative Dentistry and Endodontics

Publication Types: Research

doi:10.4317/jced.54395

<http://dx.doi.org/10.4317/jced.54395>

## Effectiveness of Nd:YAG Laser on the elimination of debris and Smear Layer. A comparative study with two different irrigation solution: EDTA and QMix® in addition to NaOCl

Paloma Montero-Miralles, Roberto Estévez-Luaña, César DeGregorio-González, Oliver Valencia-dePablo, David E. Jaramillo, Rafael Cisneros-Cabello

<sup>1</sup> Universidad de Sevilla. School of Dentistry. Sevilla

Correspondence:

Universidad de Sevilla

School of Dentistry

Avicena S/N. 41009 Sevilla

[montero\\_paloma@hotmail.com](mailto:montero_paloma@hotmail.com)

Received: 10/09/2017

Accepted: 06/12/2017

Montero-Miralles P, Estévez-Luaña R, DeGregorio-González C, Valencia-dePablo O, Jaramillo DE, Cisneros-Cabello R. Effectiveness of Nd:YAG Laser on the elimination of debris and Smear Layer. A comparative study with two different irrigation solution: EDTA and QMix® in addition to NaOCl. J Clin Exp Dent. 2018;10(1):e70-4. <http://www.medicinaoral.com/odo/volumenes/v10i1/jcedv10i1p70.pdf>

Article Number: 54395 <http://www.medicinaoral.com/odo/indice.htm>  
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - eISSN: 1989-5488  
eMail: [jced@jced.es](mailto:jced@jced.es)  
**Indexed in:**  
Pubmed  
Pubmed Central® (PMC)  
Scopus  
DOI® System

### Abstract

**Background:** The aim of this study was to evaluate the effectiveness in dentin debris and smear layer removal from root canal walls using EDTA and QMix® alone and also activated with Nd:YAG laser.

**Material and Methods:** 50 single-rooted teeth were instrumented and divided in 5 groups according to irrigation protocol: 17% EDTA, QMix®, Nd:YAG laser alone, and combination of 17% EDTA - Nd:YAG laser and QMix® - Nd:YAG laser. Samples were evaluated using SEM. Statistical analysis was done using Chi-Square Fisher exact test and McNemar test.

**Results:** Dental debris analysis showed statistically significant differences when comparing 17% EDTA vs Laser and Laser vs QMix® in combination with Laser at the apical third. The Smear Layer analysis also showed statistically significant differences at the apical third when comparing 17% EDTA vs Laser, QMix® vs QMix® in combination with Laser and Laser vs QMix® in combination with Laser.

**Conclusions:** 17% EDTA was the most efficient irrigant showing the best results. Laser alone was not effective removing either dental debris or smear layer.

**Key words:** Laser, endodontics, Smear Layer.

### Introduction

The smear layer is a microscopic layer formed after root canal instrumentation and located along the root canal walls. It blocks dentinal tubule orifices and creates an interface between filling material and root canal wall, affecting sealing ability of the root canal system. The width of this layer is between 1 to 2 microns (1) and it reduces penetration of irrigants and sealers into dentinal tubules (2,3).

Some studies have shown that mechanical instrumentation and chemical action of NaOCl are not enough to remove the smear layer totally from the root canal wall (4,5). Chelating agents are used for its removal. QMix® (Dentstply-Maillefer, Tulsa, USA) has been recently launched, composed of an antimicrobial agent, Chlorhexidine, mixed with a chelating agent, EDTA, and a surfactant (6).

Laser technology has been developing for several years

and has become more widely used in the medical and dental field. Its effectiveness will depend upon such factors as: energy level, duration of exposition, absorption in tissues, root canal geometry and the distance between the tip of the laser and the tissue being treated (7-9). The most studied laser in dental literature is the Neodymium:Yttrium-Aluminium-Garnet (Nd:YAG), with a wavelength of 1064 nm and possessing partial water absorption. In endodontics, its effect on the root canal wall produce removal of smear layer and pulp tissue remnants, root canal decontamination, organic tissue vaporization inside dentinal tubules and fusion and crystallization of the inorganic component of the dentin (melting). It also produces physical-chemical changes on hydroxyapatite crystals, which modifies dentin solubility, thus becoming less susceptible to acids action. The objective of the present study was to evaluate the cleaning capability of QMix®, 17% EDTA in combination with sodium hypochlorite, plus the action of Nd:YAG laser alone and with the previous chelating solutions.

### Material and Methods

This study was approved by the Ethical Committee of the European university of Madrid.

50 freshly extracted single-rooted human teeth were kept in 10% formalin until used. Inclusion criteria were: presence of only one root canal, complete apical closure and no previous root canal treatment done prior to its use.

The crowns of all teeth were cut off with the use of a diamond disk (Buehler, Düsseldorf, Germany) and tooth length standardized to 16 mm. A glide path was performed with a #20 hand K-Flexofile (Dentply-Maillefer, Tulsa, USA) and the cleaning and shaping of the root canal was completed using the Mtwo® rotary system (VDW, Munich, Germany) up to 40.04 to 15mm. Care was taken to keep root canal patency at all times.

During instrumentation, the root canal was irrigated in between files with 1 ml of 4.2% NaOCl using a 5 ml Monoject irrigation syringe and a 27g irrigation needle (Tyco HealthCare Group, Norwalk, CT, USA) that was kept 1 mm short of the working length. After this step, teeth were kept in saline solution until processed for SEM.

Samples were randomly divided using the software [www.random.org](http://www.random.org) into 5 groups of 10 teeth each. For the final irrigation cycle, all roots were sealed apically with modeling wax (Cera Reus, Reus, Spain) and a reservoir was created coronally.

Study groups:

Group 1: 1 minute of irrigation with 5 ml of 17% EDTA (Pulpdent, Oakland, MA, USA), followed by 5 ml of 4.2% NaOCl for 2 minutes and a final rinse with 2.5 ml distilled water.

Group 2: 1 minute of irrigation with 5 ml of QMix®

(Dentply-Maillefer, Tulsa, OK, USA) and a final rinse with 2.5 ml distilled water.

Group 3: Nd:YAG laser (DEKA, Firenze, Italy), followed by described protocol by Gutknecht and Behrens: power set at 1.5 W, 15Hz and 100 mJ of energy [10]. Wavelength of 1.064 nm. A 320 microns optic fiber was used with an apical to coronal helicoidal motion. Working length was established at 15 mm. A rubber stop was placed on the fiber optic tip at 14 mm to set this as a working field for the laser. The laser was activated on a 5 seconds cycle five times taking a rest for 20 seconds in between each cycle. 2.5 ml of distilled water was used as a final rinse (Fig. 1).

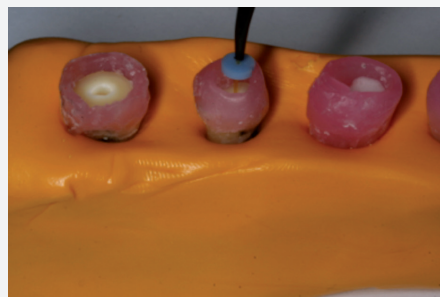


Fig. 1: Nd:YAG laser application.

Group 4: 1 minute of irrigation with 5ml of 17% EDTA plus laser. The laser tip used as previously described; then, a rinse with 5 ml of 4.2% NaOCl for 2 minutes and a final rinse with 2.5 ml of distilled water.

Group 5: 1 minute of irrigation with 5 ml of QMix® in combination with laser, used as previously described and a final rinse with 2.5 ml of distilled water.

Roots were longitudinally split using a 20x0.25 mm fine diamond disk (Buehler, Düsseldorf, Deutschland) in a low speed motor (NSK, Japan), avoiding passing the disk through the root canal lumen to prevent the accumulation of sectioning debris. With the help of a fine chisel and with a very fine pounding, both halves of the root were obtained.

Roots were treated with a serial dilution of different concentrations of alcohol (30% to 100%) for the dehydration process. Samples were mounted on a special stainless steel base and taken inside the sputtering machine to be coated with a fine layer of graphite (Blazer Union Med 010). Immediately after, the samples received a 25 nm layer of gold (Emitech K550X). A total of 60 samples were observed under SEM. A SEM (JEOL JSM-6400) microscope was used with a 20kV, 100 mA. The working distance was set at 39 mm. A specific area of the

apical and middle third of the root canal was chosen to be the observation spots.

Pictures were randomly taken first at 20X magnification for the correct localization of the observation spot. Images were centered at the apical zone in order to observe the mark left behind by the apical calibration instrument. At 0.5 mm from this spot a 100X image was taken. Two images were obtained at 500X and 1000X magnification. Magnification was established at 100x again to reach out the middle third, and two images were taken at 5 mm from the working length, at 500X y 1000X. The same procedure was done at the middle area of the root canal. All images were analyzed by a previously calibrated expert viewer. A modified Hülsmann classification (11) was used to measure at the 500X level for the presence of dentinal debris and at 1000X for the presence of Smear Layer (Fig. 2).

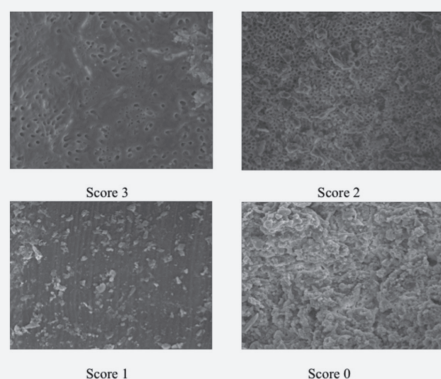


Fig. 2: Hülsmann modified classification.

The scores values was assigned in this way:

Score 0: specimens showing a clean surface and most of the dentinal tubules open

Score 1: specimens showing most of the dentinal tubules open but remaining debris covering less than a 25% of the analyzed area

Score 2: specimens showing majority of dentinal tubules plugged with smear layer and remaining debris covering less than a 50% of the analyzed area

Score 3: specimens showing no dentinal tubules open and remaining debris covering less than a 75% of the analyzed area

Association between all groups and the degree of cleanliness, were evaluated using the chi-square and Fisher exact test for those cases where more than 25% of the samples were less than 5. For all the tests, a signification value of 5% will be accepted. The frequency distribution

was evaluated within the variable results with 2 magnifications (500X and 1000X) using the McNemar test. Data was analyzed with the SPSS 15.0 software (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

## Results

On dentin debris analysis, in the apical third, the best cleanliness was achieved by 17% EDTA in combination with laser and the results showed a statistically significant difference ( $p = .015$ ) when compared with the 17% EDTA group. Laser in combination with QMix® was found better ( $p = .028$ ) than QMix® alone. In the middle third, no statistically significant differences were found at any studied group.

The smear layer analysis, in the apical third, when comparing 17% EDTA in combination with laser ( $p = .031$ ) with 17% EDTA, the combination of EDTA and laser showed better results and a statistically significant difference. Also, a statistically significant difference was found when comparing QMix® and QMix® in combination with laser ( $p = .029$ ) where QMix® in combination with laser showed better results when comparing Laser in combination with QMix® vs Laser, ( $p = .03$ ) a statistically significant difference was also found presenting QMix® in combination with laser better results. In the middle third, no statistically significant differences were found in any studied group, (Tables 1-3).

## Discussion

The smear layer removal has been thoroughly investigated by many authors, during the last decades. The presence of this microscopic layer, could affect the adequate sealing of the root canal system. The removal of this inorganic matter, which contains some organic remnants as well, is particularly difficult in the apical third. The objective of the present study was to evaluate the cleaning ability of QMix® in combination with Nd:YAG laser compared to 17% EDTA, for the dentin debris and smear layer removal.

Root canals were prepared to 40.04 allowing the 320 microns Nd:YAG fiber laser tip to reach 1 mm short of the established working length and at the same time allow for a better flowability of the selected irrigant (12). By doing this, a size 44 diameter was made at the level where the laser tip was placed, which allowed enough space between the canal walls and this tip.

In order to simulate a clinical condition, we used modeling wax in the apex to keep the root canal system closed avoiding the extrusion of the irrigant used during the final rinse step. Dai *et al.* used an open system in their comparative study of smear layer removal using 17% EDTA and QMix® (6). They concluded that it was not possible to completely remove the smear layer. Their results showed no difference. In the present study, 17% EDTA and QMix® were not effective at apical and

**Table 1:** Comparative debris and Smear Layer analysis in apical third (17% EDTA and Laser).

	GROUP 1 (EDTA 17%)		GROUP 3 (Laser)		
	0	0 %	0	0 %	
Apical x500	1	25 %	1	0 %	$p=0.015$
	2	66,7 %	2	50 %	
	3	8,3 %	3	50 %	
	0	0 %	0	0 %	
Apical x1000	1	25 %	1	0 %	$p=0.031$
	2	50 %	2	33,3 %	
	3	25 %	3	66,7 %	
	0	0 %	0	0 %	

**Table 2:** Comparative debris and Smear Layer analysis in apical third (Laser and QMix® + Laser).

	GROUP 1 (Laser)		GROUP 3 (QMix® + Laser)		
	0	0 %	0	16,7 %	
Apical x500	1	0 %	1	25 %	$p=0.028$
	2	50 %	2	16,7 %	
	3	50 %	3	41,7 %	
	0	0 %	0	16,7 %	
Apical x1000	1	0 %	1	33,3 %	$p=0.003$
	2	33,3 %	2	0 %	
	3	66,7 %	3	50 %	
	0	0 %	0	0 %	

**Table 3:** Comparative Smear Layer analysis in apical third (QMix® and QMix® + Laser).

	GROUP 2 (QMix®)		GROUP 5 (QMix® + Laser)		
	0	0 %	0	16,7 %	
Apical x1000	1	16,7 %	1	33,3 %	$p=0.029$
	2	33,3 %	2	0 %	
	3	50 %	3	50 %	
	0	0 %	0	0 %	

middle thirds. 17% EDTA was superior to QMix® at all levels. There was a statistically significant difference in dentin debris removal at middle third. At this level, QMix® was better than 17% EDTA where dentinal tubules were clean 8.3% of the time, with no statistically significant difference.

Time and concentration for the application of chelating agents is an important factor (13). Dai *et al.* applied QMix® for 2 minutes while Stojicic *et al.*, used it for 5 minutes (14). In our study, irrigation timing was standardized at 1 minute (15-18). By doing this, it was possible to obtain better results with QMix® vs 17% EDTA for the smear layer removal, without a statistically significant difference. More studies are needed to standardize the correct application timing for QMix.

For the smear layer removal, the recommended volume for 17% EDTA is in between 3 to 20 ml per root canal (11,17). Mello *et al.* showed that a final rinse with 5ml of 17% EDTA was as effective as 10-15 ml of EDTA for smear layer removal (19). In our study, 5 ml of 17% EDTA was used in accordance with Mello's study.

In this study the specimens under treatment with laser, showed a minimal amount of open dentinal tubules. The parameters used were 1.5 w of power, a frequency of 15Hz and 100 mJ of energy (10). 100% of QMix® in combination with laser samples, presented a score of 2-3. QMix® in combination with laser samples and laser samples showed the same results at the middle portion of the root canal. Our results are in accordance with those from Hasheminia *et al.*, Zhang *et al.*, Barbakow *et*

*al.*, and Kivanc *et al.* Their results showed that Nd:YAG Laser is not as effective as EDTA for the smear layer removal (20-23).

The aim of our study was to show not only if the laser was effective in the removal of the smear layer, but also, if adding a chelating agent could improve its efficacy. When the apical third was studied, the group treated with QMix® in combination with laser, showed a better cleaning ability than using QMix® alone. When the middle third was studied, dentin debris removal showed similar results in both groups, and the smear layer removal was better in the group irrigated with QMix®. This could be explained because QMix® was used only for one minute and it might need more contact time to achieve better results as proposed by Stojicic *et al.* (14).

In all groups where the laser was used, a better smear layer removal was shown. No groups treated with EDTA obtained a value of 0 (complete clean surface), but there was always a superior cleanliness at the apical third (on both smear layer and dentin debris removal) although the difference was not definitive in the middle third.

Moura-Netto *et al.* (24) found in their study that Nd:YAG laser fuses and solidifies the dentinal surface with a partial removal of dentinal debris. In agreement with this study and based on the results obtained in the present study, we can conclude that we cannot compare the use of laser with the use of chelating agents, because these solutions possess the ability to dissolve smear layer, while lasers produce melting, vaporization and crystallization of this matter.

## References

- Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. J Endod. 1984;10:477-483.
- Goldberg DB, Abramovich A. Analysis of the effects of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. J Endod. 1977;3:101-105.
- Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigating regimens. J Endod. 1987;13:147-157.
- Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. J Endod. 1976;2:261-266.
- Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. Dent Clin North Am. 2000;44:717-752.
- Dai L, Khechen K, Khan S, Gillen B, Loushine BA, Wimmer BS, et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. J Endod. 2011;37:80-84.
- Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. J Endod. 1984;10:428-431.
- Tewfik HM, Pashley DH, Horner JA, Sharawy MM. Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. J Endod. 1993;19:492-497.
- Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A. Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995;79:221-225.
- Gutknecht N, Behrens V. Instrumentation of root canal walls with Nd:YAG laser. ZWR. 1991;100:748-755.
- Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments. A comparative SEM. J Endod. 1997;23:301-306.
- Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. J Endod. 2004;30:110-112.
- Qian W, Shen Y, Haasapalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. J Endod. 2011;37:1437-1441.
- Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haasapalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMix. Int Endod J. 2012;45:363-371.
- Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Path. 1995;79:492-499.
- Çalt S, Serper A. Smear Removal by EGTA. J Endod. 2000;26:459-461.
- Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. Int Endod J. 2005;38:285-290.
- Kuah HG, Lui JN, Tseng PSK, Chen NN. The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. J Endod. 2009;35:393-396.
- Mello I, Robazza CRC, Antoniazzi JH, Coil J. Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106:40-43.
- Hasheminia SM, Birang R, Feizianfard M, Nasouri M. A comparative study of the removal of Smear Layer by two endodontic irrigants and Nd:YAG laser: A scanning Electron Microscopic Study. ISRN Dent. 2012;1-7.
- Zhang C, Kimura Y, Matsumoto K, Harashima T, Zhou H. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation in root canal wall dentin with different laser initiators. J Endod. 1998;24:352-355.
- Barbakow F, Peters O, Havranek L. Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study. Quintessence Int. 1999;30:837-845.
- Kivanc BH, Ulusoy OIA, Görgül G. Effects of Er:YAG laser and Nd:YAG laser treatment on the root canal dentin of human teeth: a SEM study. Lasers Med Sci. 2008;23:247-252.
- Moura-Netto C, de Moura AAM, Davidowicz H, Aun CE, Antonio MPS. Morphologic changes and removal of debris on apical dentin surfaces after Nd:YAG laser and diode laser irradiation. Photomed Laser Surg. 2008;26:263-266.

## Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.





## Comparative study of debris and smear layer removal with EDTA and Er,Cr:YSGG laser

Paloma Montero-Miralles, Daniel Torres-Lagares, Juan-José Segura-Egea, María-Ángeles Serrera-Figallo, José-Luis Gutiérrez-Pérez, Gabriel Castillo-Dalí

Department of Stomatology, School of Dentistry, University of Seville

Correspondence:  
School of Dentistry, University of Seville  
C/ Avicena S/N. CP: 41009 – Seville – Spain  
danielmtl@us.es

Received: 17/04/2018  
Accepted: 26/04/2018

Montero-Miralles P, Torres-Lagares D, Segura-Egea JJ, Serrera-Figallo MA, Gutiérrez-Pérez JL, Castillo-Dalí G. Comparative study of debris and smear layer removal with EDTA and Er,Cr:YSGG laser. J Clin Exp Dent. 2018;10(6):e598-602.  
<http://www.medicinaoral.com/odo/volumenes/v10i6/jcedv10i6p598.pdf>

Article Number: 54936 <http://www.medicinaoral.com/odo/indice.htm>  
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - eISSN: 1989-5488  
eMail: [jced@jced.es](mailto:jced@jced.es)  
Indexed in:  
PubMed  
PubMed Central® (PMC)  
Scopus  
DOI® System

### Abstract

**Background:** To evaluate *in vitro*, the ability in removing debris and Smear Layer of 17% EDTA and Er,Cr:YSGG laser.

**Material and Methods:** 58 unirradicular teeth were instrumented with MTwo® and divided into 3 groups according to irrigation protocol: 17%EDTA, laser and a combination of 17%EDTA and laser. All samples were analyzed in the apical and middle third with Scanning Electron Microscope. The Chi-cuadrado and McNemar tests were used to determine the statistical analysis and data processing and analysis was performed with the statistical package StatGraphics Centurion XVI.

**Results:** Debris analysis showed statistical significant differences when compared EDTA vs laser and EDTA vs EDTA+laser in the middle third. The Smear Layer removal showed statistical significant differences in the middle third when compared EDTA vs laser and EDTA vs EDTA+laser.

**Conclusions:** Laser showed a greater cleaning capacity than EDTA in the middle third; the cleanliness was even better when combined laser with EDTA, so the effect is accumulative.

**Key words:** Root canal treatment, Smear Layer, Er,Cr:YSGG laser, debridement.

### Introduction

Smear Layer was described by McComb and Smith in 1975. It consists of a superficial layer in the root canal wall of 1-2 microns thickness (1) and contains organic and inorganic substances, microorganisms and necrotic debris (2). This Smear Layer could be infected and could protect bacteria in the dentinal tubules from irrigants (3),

so its elimination is necessary prior to the root canal system obturation.

Many ways to remove the Smear Layer have been described, the most studied is chelants substances, like Acid Etilendiamintetrathetic (EDTA). Studies demonstrate that mechanical instrumentation along with chemical irrigants action do not achieve a complete removal of

Smear Layer from the root canal walls (4,5), therefore we should use other techniques for this purpose. Laser is another method to eliminate the Smear Layer. High power lasers have been proposed to contribute in the conventional endodontic therapy for their capacity to eliminate microorganisms and increasing dentinal permeability by Smear Layer removal (6-9).

Er,Cr:YSGG laser has a 2980 nm wavelength and high absorption for water and hidroxyapatite (10). Several studies demonstrate its capacity to remove debris y Smear Layer after biomechanical instrumentation (11) and do not cause tissue carbonization or melting (11,12). This laser employed a laser beam pulsed source transmitted by a sapphire tip with air/water spray (13-15). When an interaction of laser energy with water and the target tissue occurred, this generated a tissue cut, creating a hydrokinetic system (13-15). The hydrokinetic debridement is a removal process of biological materials through a high speed water spray. During irradiation, water is heated and evaporates, resulting in a high pressure steam that causes a microexplosion of the dental tissues below its fusion point (16). Water vaporization into the mineral substrate causes an explosion of the surrounding material literally outwards (17).

Conventional tips are a limitation of this treatment. These tips produce a laser beam emission unidirectional towards apex, which complicates the access to the root canal wall with a laser. Fiber should move repeatedly in a spiral movement for all the canal walls during a sequence number to maximize the exposed area to the laser beam (18). Recently, a new tip has appeared, the Radial Firing Tips (RFT), which ends in a conical tip with an angle of 60 degrees to achieve a light expansion in a bigger cone, reaching all the root canal better, because it emits the light apical laterally (19).

Therefore, the objectives of the study was, firstly, to evaluate the capacity of removing debris and Smear Layer of 17% EDTA (considered as the Gold Standard) and Er,Cr:YSGG laser, and secondly, to verify if the combination of laser and a chelating agent improves this removal with the new Radial Firing Tips.

## Material and Methods

We selected a sample of 58 unirradicular teeth. Inclusion criteria were presence of one single canal, complete closed apex and no previous canal treatment. Exclusion criteria was presence of caries, calculus, open apex, radicular resorption, radicular fractures and two canals. Samples were decoronated to obtain a homogeneity obtaining a final length of 16 mm. All samples presented apical patency and maintained it during all the treatment. A glide path was realized with K flexofile files (Dentsply-Maillefer, Tulsa, United States) to a 20 file and instrumentation was carried through the basic sequence of the rotatory system MTTwo (VDW, Munich, Germany)

with 10.04, 15.05, 20.06, 25.06 files and extending the sequence with the 30.05, 35.04 y 40.04 to one millimeter less than the total sample length, this is 5 mm. Each file was used in 10 teeth and discarded.

During all the procedure, we irrigated continuously with 1 ml of 4,2% sodium hypochlorite with a Monoject 3 ml syringe (Tyco HealthCare Group, Mansfield, USA) and needle (27g x1 1/4) situated at 1 mm less than working length, being changed between files. Once instrumentation was finished, the samples were kept in distilled water.

For the irrigation stage, samples were sealed in the apical area with wax, and a framework was constructed using the same material to create a reservoir for the irrigant.

- Group 1: Samples were irrigated for 1 minute with 5 ml 17% EDTA (Pulpdent, Oakland, USA), followed by 5 ml 4,2% sodium hypochlorite for 2 minutes and a final wash with 2,5 ml distilled water by a Monoject 3 ml syringe and needle (27g x1 1/4) situated one millimeter less than working length.

- Group 2: Samples were irradiated with Er,Cr:YSGG laser (BIOLASE®), with a 2.780 nm wavelength and a "Radial Firing Tips" RFT-2, with a 275 microns diameter, making helicoidal movements from apical to coronal. A laser tip was introduced to 1 mm less than the working length, this is 14 mm. The activation of the laser lasted 5 cycles of 5 seconds each, with a break of 20 seconds between each cycle. A final wash with 2,5 ml distilled water was done by a Monoject 3 ml syringe and needle (27g x1 1/4) situated one millimeter less than working length.

- Group 3: Samples was irrigated for 1 minute with 5 ml 17% EDTA and irradiated with Er,Cr:YSGG laser with the previous protocol and finally irrigated with 5 ml 4,2% sodium hypochlorite for 3 minutes and a final wash with 2,5 ml distilled water by a Monoject 3 ml syringe and needle (27g x1 1/4) situated one millimeter less than working length.

Samples were dried with 40 size paper points.

Er,Cr:YSGG laser was used following this parameter: 1.25 W, 50 Hz and 24% air and 30% water. Irrigant was placed with a Monoject 3 ml syringe and needle (27g x1 1/4) situated one millimeter less than working length for all the samples.

Samples were cut in mesio-distal direction for observation of the root canal with an ultra-fine diamond disc 20x0,25mm diameter and a low speed micromotor Volvare VMax (NSK, Japan. This cut does not penetrate into the canal lumen to avoid debris penetrating into the sample. With a chisel in the slot made with the disc and with a sharp blow the root was divided into 2 parts. Samples were prepared at room temperature to be watched under Scanning Electron Microscope. They are placed in a sputtering with a gold layer of 25 nm thickness (Emitech K550X). The microscope JEOL JSM-6400 as

used with 20 kV and 39 mm working length. Study areas were the apical and the middle third of the root canal. Images were obtained randomly at 0,5 mm and 5 mm from the apex at x500 and x1000.

Images were analyzed for an experienced and trained observer to view samples at SEM and to evaluate debris and Smear Layer in the dentinal surface. We used Hülsmann modified classification to measure debris presence at x500 and Smear Layer presence at x1000 (20):

Value 0: Clear surface, all tubules open

Value 1: Most tubules are open, but debris remains

Value 2: Most tubules surface are covered

Value 3: All the surface is covered by debris

Association between the studied groups and cleaning scale were evaluated by chi-cuadrado test. For all tests a signification value  $p < 0,05$  will be accepted. Frequency distribution was evaluated for each group in the results variable in its two determinations (500 y 1000) with related samples McNemar test. Processing and data analysis was carried out with the statistical package StatGraphics Centurion XVI.

## Results

-Comparative analysis of debris removal

Comparing group 1 and group 2, in the middle third we found statistical significant differences at x500 ( $p=0.0170$ ). In both thirds, Er,Cr:YSGG laser group presented cleaner surfaces than 17% EDTA.

Comparing group 1 and group 3, in the middle third we found statistical significant differences at x500

( $p=0.0042$ ). In both thirds, a combination of Er,Cr:YSGG laser and 17% EDTA showed cleaner surfaces.

Comparing group 2 and group 3, we did not find statistical significant differences at x500, but in all cases, combination of Er,Cr:YSGG laser with 17% EDTA shower slightly better results of cleanliness.

-Comparative analysis of smear layer removal

Comparing group 1 and group 2, in the middle third, we found statistical significant differences at x1000 ( $p=0.0150$ ). In both thirds, Er,Cr:YSGG laser group presented cleaner surfaces than 17% EDTA.

Comparing group 2 and group 3, in the middle third, we found statistical significant differences at x1000 (0.0051). In both thirds, combination of Er,Cr:YSGG laser and 17% EDTA showed cleaner surfaces.

Comparing group 1 and group 3, we did not find statistical significant differences, but in both groups, a combination of Er,Cr:YSGG laser with 17% EDTA showed slightly better results of cleanliness, (Figs. 1-3, Table 1).

## Discussion

Smear Layer removal has been studied by many authors, because of its presence in dentinal walls affected root canal system seal.

Laser inclusion in endodontics, supposed a new approach because of morphological changes in radicular surfaces, producing a debris and Smear Layer removal that allows dentinal tubules opening increasing therefore dentinal permeability (6-9).

In this study, we had wanted to verify the effect that la-

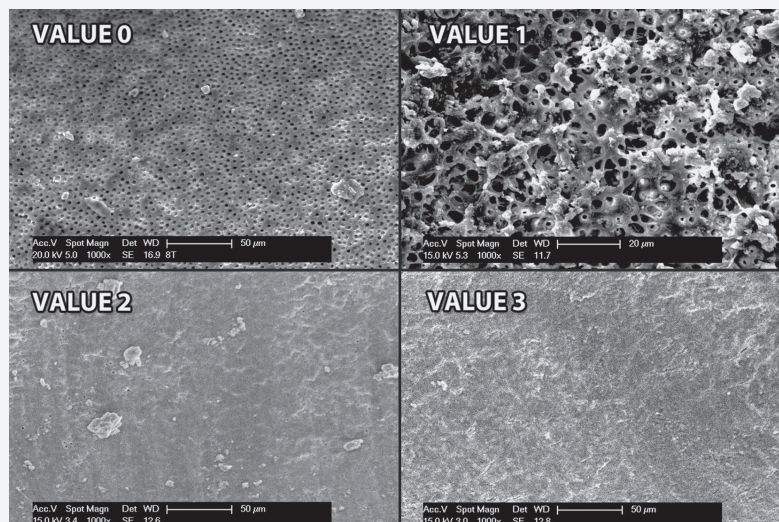


Fig. 1: Images for observers.

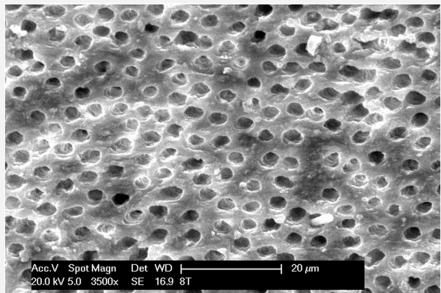


Fig. 2: Detail of middle third in group 2 at x3500.

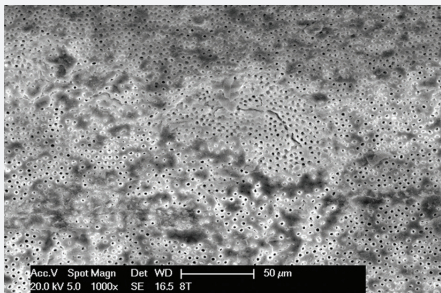


Fig. 3: Detail of apical third in group 2 at x1000.

Table 1: Significant groups.

Middle third Group 1 vs 2	x500	p=0.0170
	x1000	p=0.0150
Middle third Group 1 vs 3	x500	p=0.0042
	x1000	p=0.0051

ser produces in the root canal wall by Scanning Electron Microscope with regard to debris and Smear Layer removal being used alone or in combination with a chelating agent (17% EDTA).

In our study, when compared utilization of 17% EDTA in combination with Er,Cr:YSGG, results were always greater for Er,Cr:YSGG laser, which presented better cleanliness to 17% EDTA, these differences being statistically significant in the middle third in debris and Smear Layer analysis. These results agree with authors such as Biella-Silva (21), who studied apical, middle and coronal thirds using powers of 1.75W y 2.5W, they found Smear Layer free surfaces and opened dentinal tubules, but only statistical significant differences in the apical third at 2.5W, the cleanliness degree was better in

the group that combined 17% EDTA and Er,Cr:YSGG laser. This difference could be due to the use of a 400 microns diameter fiber and a samples instrumentation of 60 size, so fiber had more space to move. George *et al.* (22), in their study got a Smear Layer removal degree in all groups where laser was used, the same as Moor (18), who found Smear Layer removal by “shock-waves” generation, with comparable results as passive ultrasonic irrigation. Ali *et al.* (23), in their results obtained no debris and Smear Layer in root canal walls at 2W in apical and coronal thirds, but they found many debris in the middle third, where the fiber makes more contact with the walls and a fused dentinal wall could be produced. Other authors concluded that Er,Cr:YSGG laser utilization with water is effective in debris and Smear Layer removal, but these studies do not specify studied thirds, neither chelants or laser utilization. They only showed morphological changes during laser treatment at many different parameters (11,12,24).

Regarding the combination of chelants and Er,Cr:YSGG laser, in our study when comparing group 1 and group 3, group which combined 17% EDTA and Er,Cr:YSGG laser, this last one showed a better cleanliness but in a less evident way. Differences were statistically significant in debris and Smear Layer analysis in the middle third.

Therefore, we could accept the hypothesis that er,-Cr:YSGG laser causes a mineralized tissue ablation and produced a dentinal tubules exposition and Smear Layer removal (25,26). The mechanisms of action of Er,Cr:YSGG laser is based on the expansion and implosion of the vapor lock with a secondary cavitation effect, which induces the movement of this fluid to a high velocity inside the root canal (27). This generates a combined effect, on one side the laser’s effect, and on the other hand because of chelants activation, in agreement with the results of our study. Scientific literature is capable to prove the hydrokinetic effect as a viable mechanism of laser ablation (28,13,14).

Apical third is the most complex zone, and although results are favorable to Er,Cr:YSGG, in this third, differences were not statistically significant.

The increase of temperature is a handicap on laser treatment, and we should avoid it using safety parameters that reach our purpose but safely. Eriksson *et al.* showed in their study that we should not increase in more than 10 degrees over the corporal temperature for more than a minute (28). Many authors showed that laser treatment with Er,Cr:YSGG is safety for periradicular tissues and do not cause thermal damage, as many authors showed in their studies, finding an increase of 8 degrees, Ishizaki (12) using laser at 5W and Yamakazi (11) at 6W. This agrees with requirements proposed by Eriksson (28) and support the utilization of our parameters at 1.25W as a safety treatment.

Water utilization during laser treatment is very impor-

tant to avoid undesirable effects. Morphological findings in other studies showed that irradiation without water produces an enamel and dentin carbonization, associated to an irregular structure and microdrills (6,11,26). Water plays an important role in hard tissues ablation in endodontic treatment (11), avoiding temperature increase and enhancing cutting efficacy (11,15,25).

It is essential to achieve a consensus regarding the laser parameters, as wavelengths or dosis, for treatment to be safe and effective.

## Conclusions

1. Regarding the middle third, Er,Cr:YSGG laser showed a better cleanliness with statistically significant differences compared to 17% EDTA.
2. Regarding to laser and EDTA combination, this results in cleanliness areas in the middle third, when compared to 17% EDTA, with statistically significant differences.

## References

1. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*. 1984;10:477-483.
2. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the Smear Layer in endodontics: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2001;94:658-666.
3. Haasapalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dental tubules. *J Dent Res*. 1986;66:1375-1379.
4. Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod*. 1976;2:261-266.
5. Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am*. 2000;44:717-752.
6. Schoop U, Goharkhay K, Klimsch J, Zagler M, Wernisch J, Georgopoulos A, et al. The use of the erbium:chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser in endodontic treatment: the results of an in vitro study. *J Am Dent Assoc*. 2007;138:949-955.
7. Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelik N, Georgopoulos A, Sperr W. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layer of dentin. *Lasers Surg Med*. 2004;35:111-116.
8. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Laser in endodontics: a review. *Int Endod J*. 2000;33:173-185.
9. Aranha AC, Domingues FB, Franco VO, Gitknecht N, de Paula Eduardo C. Effects of Er:YAG y Nd:YAG lasers in dentin permeability in root surfaces: A preliminary in vitro study. *Photomed Laser Surg*. 2005;23:504-508.
10. Widgor HA, Walsh JT, Featherstone JDB, Visuri SR, Fried D, Waldvogel JL. Lasers in dentistry. *Lasers Surg Med*. 1995;16:103-133.
11. Yamakazi R, Goya C, Yu DG. Effects of Erbium, Chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: A scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod*. 2001;27:9-12.
12. Ishizaki NT, Matsumoto K, Kimura Y, Wang X, Kinoshita J, Okano SM, et al. Thermographical and morphological studies of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomed Laser Surg*. 2004;22:291-297.
13. Rizioiu IM, Deshazer LG. New laser-matter interaction concept to enhance hard tissue cutting efficiency. *SPIE Conference Proceedings*. 1994;2134A:309-317.
14. Rizioiu IM, Kimmel AL, Eversole LR. The effects of an Er,Cr:YSGG laser on canine oral tissues. *Laser applications in medicine and dentistry*. SPIE Conference Proceedings. 1996;2922:74-83.
15. Eversole LR, Rizioiu IM, Kimmel AI. Pulpal responses to cavity preparation by an erbium:chromium:YSGG laser powered hydrokinetic system. *J Am Dent Assoc*. 1997;128:1099-1106.
16. Serebo L, Segal T, Nordenberg D, Gorfil C, Bar-Ley M. Examination of tooth pulp following laser beam irradiation. *Lasers Surg Med*. 1987;7:236-239.
17. Li ZZ, Code JE, Van der Merwe P. Er:YAG laser ablation on enamel oral dentine of human teeth: determination of ablation rates at various fluences and pulse repetition rates. *Lasers Surg Med*. 1992;12:625-630.
18. De Moor R, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod*. 2010;36:1580-1583.
19. Schoop U, Barylak A, Goharkhay K, Beer F, Wernisch J, Georgopoulos A, et al. The impact of an erbium:chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers Med Sci*. 2009;24:59-65.
20. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments. A comparative SEM. *J Endod*. 1997;23:301-306.
21. Biella-Silva AC, Guglielmi C, Meneguzzo DT, Aranha AC, Bombana AC, de Paula Eduardo C. Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation. *Photomed Laser Surg*. 2010;28:103-108.
22. George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod*. 2008;34:1524-1527.
23. Ali MN, Hossain M, Nakamura Y, Matsuoka E, Kinoshita JI, Matsumoto K. Efficacy of root canal preparation by Er,Cr:YSGG laser irradiation with crown-down technique in vitro. *Photomed Laser Surg*. 2005;23:196-201.
24. Matsuoka E, Jayawardena JA, Matsumoto K. Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Surg*. 2005;23:480-484.
25. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kimura Y, Matsumoto N, Matsumoto K. Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies. *J Clin Laser Med Surg*. 1999;17:155-159.
26. Kimura Y, Yu DG, Kinoshita J, Hossain M, Yokoyama K, Murakami Y, et al. Effects of Erbium:Chromium:YSGG laser irradiation on root surfaces: morphological and atomic analytical studies. *J Clin Laser Med Surg*. 2001;19:69-72.
27. Blanken JM, Verdaasdonk RM, Meire M. Cavitation as a working mechanism of the Er,Cr:YSGG laser in endodontics: A visualization study. *J Oral Laser Applications*. 2007;7:97-106.
28. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent*. 1983;50:101-107.

## Conflict of Interest

Authors deny any conflict of interest.







# DIPLOMA

POR EL QUE SE ACREDITA QUE

La Comunicación Oral

## ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ELIMINACIÓN DE DEBRIS Y SMEAR LAYER CON DOS SUSTANCIAS IRRIGANTES: EDTA, QMIX® Y LÁSER DE Nd:YAG

P. Montero Miralles, E. González García, F. de la Torre de la Fuente,  
R. Estévez Luaña, R. Cisneros Cabello

ha sido presentada

EN EL

**XXXIV AEDE**  
CONGRESO NACIONAL DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENDODONCIA  
**XIII CLAIDE**  
CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN IBEROLATINOAMERICANA DE ENDODONCIA

CELEBRADO EN

MADRID \_ 31 OCTUBRE, 1 y 2 NOVIEMBRE 2013

Rafael Cisneros Cabello  
Presidente de AEDE \_ AILAE

Ana Arias Paniagua  
Presidenta del XXXIV Congreso AEDE y XIII Congreso CLAIDE

Por el Tribunal

MADRID \_ 2013







